DER PRAKTISCHE FUNKAMATEUR



13

K.-H. Schubert

Miniaturröhren und ihre Schaltungstechnik

Der praktische Funkamateur · Band 13

Miniaturröhren und ihre Schaltungstechnik

KARL-HEINZ SCHUBERT

Miniaturröhren und ihre Schaltungstechnik



VERLAG SPORT UND TECHNIK · 1960

Redaktionsschluß: 30. September 1959
Herausgegeben vom Verlag Sport und Technik, Neuenhagen bei Berlin

Gedruckt in der Deutschen Demokratischen Republik
Lizenz-Nr.: 545/10/60 5/1 1487

VORWORT

Die Elektronenröhre ist der Schlüssel zur modernen Nachrichtentechnik und industriellen Elektronik. Sie erlangt gegenwärtig bei der Automatisierung verschiedener Zweige der Produktion hervorragende Bedeutung. Ihre Verwendung trägt dazu bei, in unserer Republik die Arbeitsproduktivität zu steigern und damit den Lebensstandard der Bevölkerung zu erhöhen. Daraus ergibt sich, daß der Kenntnisvermittlung auf dem Gebiet der Elektronik künftig eine große Bedeutung zukommt. Die Kenntnisse über die Anwendungsmöglichkeiten der Elektronenröhren müssen ebenso Allgemeingut werden, wie es die Kenntnisse über die Kraftfahrzeugtechnik schon heute geworden sind.
Die fortschreitende Entwicklung der Technik hat auch auf dem Gebiet der Elektronenröhren ständig zu neuen Konstruktionen geführt. Diese Entwicklung richtete sich bei den Elektronenröhren vor allem auf die Verkleinerung des Volumens, auf die Verringerung der Heizleistung und auf die Verbesserung der Verstärkereigenschaften. Die Entwicklung der Miniaturröhren kann als ein bestimmter Abschluß auf dem Röhrengebiet angesehen werden. In vielen Anwendungsgebieten beginnt heute bereits der Transistor die Elektronenröhre erfolgreich zu verdrängen.
Um den Praktiker, vor allem den Funkamateur und den Radiobastler, mit der Anwendung der Miniaturröhren vertraut zu machen, behandelt die vorliegende Broschüre die Eigenschaften und die Schaltungstechnik der Miniaturröhren. Röhrenkennlinien und vollständige Röhrendaten wurden vom Autor bewußt nicht angegeben. Diese Werte entnimmt der interessierte Leser besser den Röhrentaschenbüchern und Kennlinien-Blättern, die von den volkseigenen Röhrenwerken der Deutschen Demokratischen Republik herausgegeben werden. Es wurden daher in dieser Broschüre nur die wichtigsten Röhrendaten aufgenommen.
Die vorliegende Broschüre soll in erster Linie zeigen, wie Miniaturröhren in der Rundfunktechnik praktisch angewendet

werden. Der Leser findet zahlreiche Schaltbeispiele, die eingehend erläutert sind. Es wurden nur solche Miniaturröhren aufgenommen, die vor allem in AM/FM-Empfängern und in der NF-Verstärkertechnik Verwendung finden. Batterie- und Fernsehröhren werden in entsprechender Form in anderen Broschüren behandelt.

Neuenhagen, im August 1959

K.-H. Schubert

1. EINLEITUNG

1.1 Entwicklung der Miniaturröhren

Es sind mehr als fünfzig Jahre vergangen, seit die Elektronenröhre in der Nachrichtentechnik eingeführt wurde. Während sie anfangs nur dazu diente, schwache Fernsprechströme zu verstärken, hat sie sich heute ein weites Anwendungsgebiet erobert.

Die ständige und stürmische Entwicklung auf dem Gebiet der Nachrichtentechnik brachte eine Unzahl von Röhrentypen hervor. Die in Deutschland bekanntesten Röhrentypen waren die Fünfpol-Stiftröhren (RE-Serie) und die harmonischen Röhren (Stahlröhren-Serie). Um einer Röhreninflation zu begegnen, wurden universell verwendbare Elektronenröhren entwickelt. Als besonders typisch können hier die Universalpentode RV 12 P 2000 und die Triode LD 1 angesehen werden. Zur Herstellung dieser Röhren wurde erstmals eine Technologie angewandt, die einer wirtschaftlichen Massenfertigung Rechnung trug. Diese Elektronenröhren erhielten keinen gesockelten Röhrenfuß; die Elektrodenanschlüsse wurden als Stifte in einen Preßglasteller eingepreßt. Aber nicht nur wirtschaftliche Probleme waren maßgebend für diese Entwicklung. Durch die Anwendung immer kürzerer Wellenlängen mußten auch die Elektronenröhren diesen hohen Frequenzen angepaßt werden. So konnten vor allem durch die Preßglastechnik die Elektrodenkapazitäten, die Zuführungsinduktivitäten und -kapazitäten verringert werden. Infolge der kleinen Elektrodenabstände konnte die Elektronenlaufzeit verkürzt und eine höhere Steilheit erzielt werden. Die Eingangs- und Ausgangswiderstände der Elektronenröhren bekamen dadurch auch bei hohen Frequenzen brauchbare Werte. Weitere Vorteile dieser Entwicklung liegen in der Verkleinerung der Abmessungen, wodurch eine erhebliche Raumersparnis erzielt wird.

Das vorläufige Endziel dieser Entwicklung ist die **Miniaturröhre** in ihren zahlreichen Ausführungen. Die Miniaturröhre

ist eine sockellose Allglas-Elektronenröhre mit sieben bzw. neun Stiften und einem Kolbendurchmesser von 19 bzw. 22,2 mm (Bild 1). Die sieben Stifte sind auf einem Teilkreis-

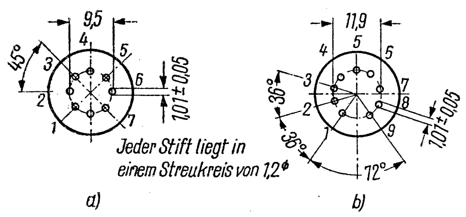


Bild 1. Anordnung der Sockelstifte von Miniaturröhren mit a) sieben und b) neun Stiften

durchmesser von 9,5 mm mit einem Winkelabstand von 45° angeordnet. Die neun Stifte liegen auf einem Teilkreisdurchmesser von 11,9 mm mit einem Winkelabstand von 36°. Der bei der Teilung übrigbleibende Platz wurde freigelassen, damit die Röhre nur auf eine eindeutig definierte Weise in die Röhrenfassung gesteckt werden kann. Die Kolbenlänge richtet sich nach der Länge des Systems. Sie schwankt zwischen 38,1 mm und 76,2 mm (Bild 2). Ihren Namen erhielten

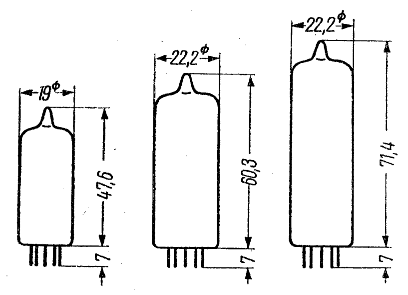


Bild 2. Maße verschiedener Röhrenkolben a) EC 92 b) EF 85 c) EL 84

die Miniaturröhren wegen der geringen äußeren Abmessungen. Sie ermöglichen, funktechnische Geräte enger und kompakter zu konstruieren. Bild 3 zeigt die System-

querschnitte verschiedener Elektronenröhren. Man erkennt dabei deutlich die Vorteile der Miniaturröhre. Tabelle I zeigt einen Vergleich der Daten dreier gleichwertiger Elektronenröhren verschiedener Entwicklungsstufen, die deutlich für die Miniaturröhre sprechen.

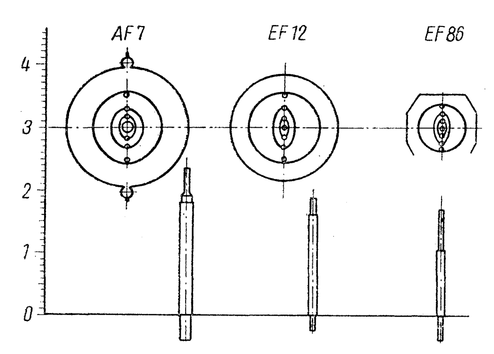


Bild 3. Systemquerschnitt der AF 7, EF 12, EF 86

Tabelle I

	AF 7	EF 12	EF 86
Volumen (cm²)	85	35	16
Heizleistung (Watt)	2,6	1,26	1,26
Anodenspannung (Volt)	250	250	250
Schirmgitterspannung (Volt)	100	100	140
Gittervorspannung (Volt)	–2	–2	–2
Anodenstrom (mA)	3	3	3
Steilheit (mA/V)	2,1	2,1	2,0
Innenwiderstand (MOhm)	2	1,5	2,5

Setzt man die Katodenoberfläche der AF 7 gleich 100 Prozent, so beträgt sie bei der EF 12 nur 47 Prozent und bei der EF 86 sogar nur 30 Prozent. Der Gitter-Katoden-Abstand bei der AF 7 beträgt 0,32 mm, bei der EF 12 dagegen 0,2 mm und bei der EF 86 nur noch 0,12 mm. Es ist daher nicht ver-

wunderlich, wenn dieser Abstand bei modernen, steilen Pentoden in der Größenordnung von 50 bis 60 μ liegt.

Die Röhrensysteme der Miniaturröhren sind so aufgebaut, daß sie sich im Röhrenkolben selbst halten; sie sind dadurch robust und wenig störanfällig. Die Stifte für die Elektrodenanschlüsse bestehen aus reinem Nickel. Da diese Nickelstifte weich und biegsam sind, besteht wenig Gefahr, daß im Preßglasboden Sprünge auftreten. Die Oberfläche der Nickelstifte kann nicht oxydieren, dadurch sind Störerscheinungen in elektrischer Hinsicht ausgeschlosssen. Durch die Montage des Röhrensystems unmittelbar auf dem Preßteller ergeben sich sehr kurze Elektrodenzuführungen. Das ist besonders wichtig für die Anwendung im UKW-Bereich.

Zur Vermeidung von Röhrenschäden durch unsachgemäße Behandlung muß man folgendes beachten:

a) Die freien Kontakte an Röhrenfassungen soll man möglichst nicht beschalten. Auf keinen Fall darf man das bei Kontakten an Röhrenfassungen, die in Röhren-Sockelschaltbildern mit „i.V." bezeichnet sind. An diesen Kontakten liegen innere Verbindungen des Röhrensystems.

b) Um Glasschäden zu vermeiden, sind die Röhrenfassungen eventuell unter Verwendung von Phantomsteckern so zu verdrahten, daß die Beweglichkeit der Fassungsfedern nicht beeinträchtigt wird. Die Federn dürfen dabei nicht verkantet werden, weil sonst beim Einführen der Röhren Querkräfte auf die Kontaktstifte entstehen, die zu Glassprüngen führen können.

c) Die Röhren müssen mit der Hand senkrecht zur Fassung ein- und ausgeführt werden (keine Werkzeuge verwenden).

d) Die Sockelfedern dürfen auf keinen Fall abgewinkelt werden.

e) Beim Anlöten ist darauf zu achten, daß die beweglichen Anschlüsse nicht durch unsachgemäßes Verzinnen steif werden.

f) Die weichen Stifte der Röhren verbiegen sich sehr leicht, können aber im allgemeinen ohne Schaden nachjustiert werden.

g) Grundsätzlich können die Miniaturröhren in beliebiger Lage eingebaut werden. Bei hoher Nachverstärkung wird jedoch empfohlen, die Röhren möglichst senkrecht einzubauen, da sie in dieser Lage in bezug auf Klingneigung wesentlich unempfindlicher sind.

h) Bei horizontaler und hängender Anordnung muß dafür Sorge getragen werden, daß sich die Röhren nicht von selbst aus der Fassung lösen können.

i) Die Halterungen sowie die Abschirmungen der Röhren müssen so beschaffen sein, daß sie die Luftzirkulation um die Röhren und damit die Abstrahlung der Verlustwärme nicht verhindern.

k) Bei direkt geheizten Röhren in horizontaler Gebrauchslage müssen die Heizfäden in einer senkrechten Ebene liegen.

1.2 Röhren für Parallelheizung (Wechselstromröhren)

Die Heizfäden der Wechselstromröhren werden vorwiegend in Parallelschaltung betrieben. Der Heizfaden wird deshalb für eine Heizspannung von 6,3 V abgeglichen. Nur bei den Doppeltrioden ECC 81, ECC 82 und ECC 83 besitzt der Heizfaden eine herausgeführte Mittelanzapfung, so daß die Röhren wahlweise mit einer Heizspannung von 6,3 V oder 12,6 V geheizt werden können. Der Heizstrom bei Wechselstromröhren in Miniaturausführung liegt zwischen 150 mA und 1 A.

Die Art der Heizung erkennt man bereits an der Röhrenbezeichnung. Bei Wechselstromröhren ist der erste Kennbuchstabe der Röhrenbezeichnung ein „E“, z. B. EF 80, ECH 81 oder EL 84. Der zweite Kennbuchstabe bezeichnet die Art des Röhrensystems, also z. B. Diode, Triode, Pentode usw. Folgende Tabelle gibt eine entsprechende Übersicht.

Tabelle II

Kennbuchstabe	Art des Röhrensystems
A	Diode
B	Doppeldiode
C	Triode
CC	Doppeltriode
F	Pentode
H	Heptode
L	Endpentode
M	Abstimmanzeigeröhre
Y	Einweg-Netzgleichrichter
Z	Zweiweg-Netzgleichrichter

Bei der Parallelschaltung der Heizfäden der Wechselstromröhren liegen diese entweder an einer oder an mehreren Heizwicklungen eines Netztransformators. Die Heizwicklung ist dabei für eine Heizspannung von 6,3 V ausgelegt. So muß nur darauf geachtet werden, daß die Heizwicklung für die benötigte Stromstärke dimensioniert ist. Hat man z. B. in einem Rundfunkempfänger einen Röhrensatz mit den Röhren ECC 85, ECH 81, 2 · EF 89, EABC 80, EL 84, EZ 80 und zwei Skalenlampen zu heizen, so muß die Heizwicklung für eine Stromstärke von etwa 3,5 A dimensioniert sein (Bild 4). Eine Addition der Stromstärken der einzelnen Röhrenfäden ergibt

ECC 85	380 mA
ECH 81	300 mA
EF 89	200 mA
EF 89	200 mA
EABC 80	450 mA
EL 84	760 mA
EZ 80	600 mA
2 Skalenlampen	600 mA
	3490 mA = 3,49 A

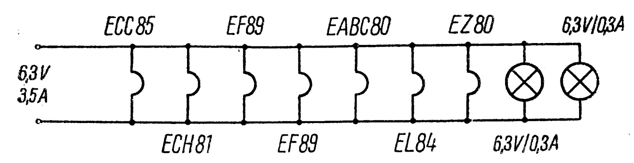


Bild 4. Heizkreis eines Wechselstromempfängers

Bei den Wechselstromröhren der Miniatur-Serie wird die indirekte Heizung angewandt. Dabei sind Katode und Heizfaden getrennt, und der Heizfaden dient nur dazu, die Katode auf die entsprechende Glühtemperatur aufzuheizen. Durch die elektrische Trennung von Katode und Heizfaden erzielt man ein wesentlich brummfreieres Arbeiten der Röhren. Das ist vor allem wichtig bei Niederfrequenzverstärkern. Bei einfachen Heizwicklungen erdet man daher einen Pol der Heizspannung. Bei Heizwicklungen mit Mittelanzapfung wird diese geerdet.

1.3 Röhren für Serienheizung (Allstromröhren)

Da Allstromröhren sowohl mit Gleichstrom als auch mit Wechselstrom betrieben werden sollen, kann für die Heizfäden der Miniaturröhren nur die Serienschaltung angewandt werden. Dadurch bedingt sind die Heizfäden für eine bestimmte Stromstärke abgeglichen. Für die Rundfunkröhren hat sich eine Stromstärke von 100 mA durchgesetzt. Sämtliche Röhrenheizfäden liegen bei der Serienschaltung in einem Stromkreis, in dem durch Vorschaltung eines Vorwiderstandes eine Stromstärke von 100 mA fließt. Sobald ein Heizfaden durchbrennt, wird keine Röhre mehr geheizt, weil der gesamte Stromkreis unterbrochen ist. Besonders häufig brennen im Allstromempfänger die Heizfäden der Skalenlampen durch. Man schaltet daher in den Heizstromkreis einen Heißleiter ein, der den niedrigen Widerstand der kalten Röhrenheizfäden beim Einschalten kompensiert. Durch den Einschalt-Stromstoß können dann die Skalenlampen nicht so schnell durchbrennen. Während die Röhrenheizfäden im kalten Zustand einen kleineren Widerstand besitzen als im glühenden Zustand, zeigt der Heißleiter ein umgekehrtes Verhalten.

Auch bei den Allstromröhren erkennt man bereits an der Röhrenbezeichnung die Art der Heizung. Bei Allstromröhren ist der erste Kennbuchstabe der Röhrenbezeichnung ein „U", z. B. UCC 85, UF 89, UL 84 usw. Für den zweiten und dritten Kennbuchstaben gilt das bereits im vorigen Abschnitt Gesagte.

Für einen Röhrensatz mit den Röhren UCH 81, UBF 80, UCL 81, UY 85, mit 2 Skalenlampen von je 18 Volt und

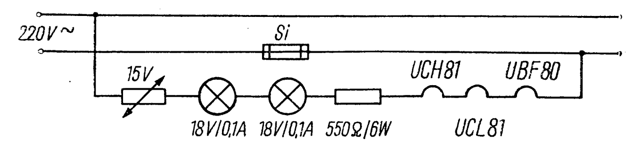


Bild 5. Heizkreis eines Allstromempfängers

einem Heißleiter von 15 V benötigt man eine Heizspannung von 165 V (Bild 5). Man erhält diese Heizspannung durch Addition der einzelnen Heizspannungen:

UCH 81	19 V
UBF 80	19 V
UCL 81	38 V
UY 85	38 V
2 Skalenlampen	36 V
Heißleiter	15 V
	165 V

Bei einer Netzspannung von 220 V muß dann die Differenzspannung $\Delta U = 220\,V - 165 = 55\,V$ durch einen Vorwiderstand in Wärme umgesetzt werden. Nach dem Ohmschen Gesetz besitzt dieser Vorwiderstand R_V einen Wert von

$$R_v = \frac{\Delta U}{I_H} = \frac{55}{0{,}1} = 550\ \text{Ohm}.$$

Nach der Leistungsformel muß er für folgende Belastbarkeit dimensioniert werden

$$N = I_H \cdot R_V = 0{,}1^2 \cdot 550 = 5{,}5\ W.$$

Übersteigt bei größeren Röhrenzahlen die benötigte Heizspannung die Netzspannung, so müssen zwei Heizstromkreise vorgesehen werden.

Bei einem Röhrensatz für Serienheizung (Allstromgeräte) muß die Reihenfolge der in Serie geschalteten Heizfäden beachtet werden. Die Röhre, in der die Niederfrequenzgleichrichtung erfolgt, muß mit einem Heizfadenkontakt unbedingt an Masse liegen, sonst ist der niederfrequente Brumm, der aus der Spannungsdifferenz zwischen Heizfaden und Katode resultiert, nicht zu beseitigen. Die Netzgleichrichterröhren liegen mit ihrem Heizfaden dem höchsten Netzpotential am nächsten, um auch hier die Spannungsdifferenz zwischen Heizfaden und Katode klein zu halten.

1.4 Benutzung von Röhrentabellen

Die einzelnen Daten und Sockelschaltbilder der Elektronenröhren sind in den Röhrentabellen zu finden, die in den weitaus meisten Fällen von den Röhrenherstellern herausgegeben werden. Falls man sie von dort nicht beziehen kann, gibt es noch ein zweibändiges Röhrentaschenbuch von Beier, das im Fachbuchverlag erschienen ist. Für den Entwicklungsingenieur der Industrie gibt die Abteilung „Technische Unterlagen" des VEB Werk für Fernmeldewesen in Berlin-Oberschöneweide ein Ringbuch mit den technischen Röhrendaten und den Kennlinien der einzelnen Röhren heraus. In den Röhrentabellen unterscheidet man zwischen folgenden Angaben:

a) Die **Heizdaten,** und zwar Heizspannung und Heizstrom, sind möglichst genau einzuhalten, da sonst eine erhebliche Minderung der Lebensdauer eintreten kann. Bei Parallelheizung soll die Heizspannung nicht mehr als um ± 10 Prozent schwanken.

b) Die **statischen Daten** stellen Mittelwerte von neuen Röhren dar; mit kleinen Abweichungen von diesen Werten ist zu rechnen. Die Austauschbarkeit von Röhren gleichen Typs bleibt jedoch erhalten.

c) Die **Betriebsdaten** geben die günstigsten Einstellungen der Röhren für die betreffenden Anwendungsgebiete

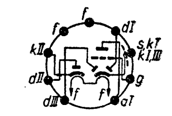
an. Es empfiehlt sich eine möglichst enge Anlehnung an die angegebenen Einstellungen. Bei Abweichungen hiervon muß auf die sichere Einhaltung der Grenzdaten geachtet werden.

d) Die **Grenzwerte** dürfen mit Rücksicht auf die Betriebssicherheit und Lebensdauer der Röhren auf keinen Fall überschritten werden, andernfalls erlischt jeder Garantieanspruch.

e) Die **Kapazitätsdaten** sind, soweit nicht anders angegeben, mittlere Werte.

2. ANWENDUNG DER WECHSELSTROMRÖHREN

2.01 Dreifachdiode – Triode EABC 80



Heizspannung 6,3 V

Heizstrom 450 mA

Betriebswerte Dioden		Grenzwerte Dioden	
U_{DI}	10 V	$U_{sperr\ I}$	350 V
I_{DI}	2 mA	$i_{max\ I}$	6 mA
$R_{i/I}$	5 kOhm	$I_{Dmax\ I}$	1 mA
$U_{D\ II/III}$	5 V	$U_{sperr\ II/III}$	350 V
$I_{D\ II/III}$	25 mA	$i_{max\ II/III}$	75 mA
$R_{i\ II/III}$	200 Ohm	$I_{Dmax\ II/III}$	10 mA

Betriebswerte Triode		Grenzwerte Triode	
U_a	250 V	U_{ao}	550 V
U_g	—3 V	U_a	300 V
I_a	1 mA	N_a	1 W
S	1,2 mA/V	I_k	5 mA
D	1,43 Prozent	$U_{f/k}$	150 V
μ	70	$R_{f/k}$	20 kOhm
R_i	58 kOhm	R_g	22 MOhm
R_a	100 kOhm	Kapazitäten	
R_g	1 MOhm	C_e	1,9 pF
R_k	0 Ohm	C_a	1,4 pF
V	51 fach	$C_{g/a}$	2,3 pF

Die Röhre EABC 80 enthält drei Diodensysteme und ein Triodensystem in einem gemeinsamen Röhrenkolben. Da zwei getrennte Katoden vorhanden sind, wird die EABC 80 zur Demodulation der frequenzmodulierten Zwischenfrequenz im UKW-Teil eines Rundfunkempfängers verwendet. Zu diesem Zweck sind zwei Dioden (II und III) niederohmig ausgeführt. Die Diode I ist hochohmig und dient zur AM-Demodulation. Da für die AM-Demodulation nur eine Diode zur Verfügung steht, ist es nicht möglich, eine verzögerte Regelspannung zu erzeugen. Für diesen Zweck müßte eine Diode zusätzlich vorgesehen werden.
Das Triodensystem der Röhre EABC 80 mit einem ziemlich hohen Verstärkungsfaktor wird zur Niederfrequenzverstärkung mit RC-Kopplung herangezogen. Die Gittervorspannung für das Triodensystem könnte man halbautomatisch durch einen Widerstand im Anodenstromkreis des Empfängers erzeugen. Wesentlich einfacher ist allerdings das meist angewendete Verfahren, den Spannungsabfall durch den Gitteranlaufstrom an einem sehr großen Gitterableitwiderstand auszunutzen. Man verwendet dafür einen Gitterableitwiderstand von etwa 10 bis 12 MOhm.
Während die AM-Demodulation durch die Diode I in bekannter Weise erfolgt, soll auf die Frequenzdemodulation näher eingegangen werden. Von den zahlreichen, bekannten Frequenzmodulationsschaltungen wie z. B. Phasen-Diskriminator (Foster-Seeley-Detektor), Gegentakt-Diskriminator und Verhältnisgleichrichter (Ratio-Detektor) hat sich lediglich die letzte Schaltung durchgesetzt. Der Verhältnisgleichrichter gibt zwar gegenüber dem Phasen-Diskriminator und dem Gegentakt-Diskriminator nur die halbe Demodulationsspannung ab, hat aber dafür den großen Vorteil, daß er eine automatische Begrenzerwirkung zeigt. Eine besondere Begrenzerröhre ist daher nicht in allen Fällen erforderlich.
Eine Begrenzung der frequenzmodulierten Zwischenfrequenzspannung ist aber notwendig, da der FM-Gleichrichter nur auf solche Frequenzschwankungen ansprechen soll, die durch Frequenzmodulation auftreten. Schwankungen der Amplitude der ZF-Spannung würden zusätzliche Störungen hervorrufen, die man durch eine Begrenzung der Amplitude

unterdrückt. Der Vorteil einer frequenzmodulierten UKW-Sendung liegt darin, daß die als Änderung der Amplitude auftretenden atmosphärischen oder anderen Störspannungen durch die Begrenzung unterdrückt werden.
Da bei der EABC 80 die Katode geerdet werden muß, die zur AM-Diode und zur NF-Triode gehört, kann nur ein unsymmetrischer Verhältnisgleichrichter verwendet werden. Diesen erkennt man an dem gemeinsamen Lastwiderstand für beide Dioden. Die NF-Spannung wird dabei zwischen dem Spulenmittelpunkt des Sekundärkreises des Bandfilters und der Masse abgenommen. Eine Regelspannung fällt über dem Elektrolytkondensator ab, die zur Rauschunterdrückung und zur Steuerung eines magischen Auges angewandt werden kann. Bild 6 zeigt das Prinzipschaltbild eines unsymmetrischen Verhältnisgleichrichters.

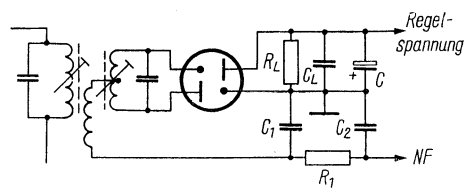


Bild 6. Prinzipschaltung eines unsymmetrischen Verhältnisgleichrichters (Ratio-Detektor)

Da bei der Frequenzmodulation die hohen Frequenzen benachteiligt werden, erfolgt bei UKW-Sendern eine Voranhebung (Preemphasis) der höheren Modulationsfrequenzen. Laut Normung erfolgt diese Preemphasis mit einer Zeitkonstante von 75 µs. Damit bei der Demodulation die höheren Frequenzen nicht übermäßig laut erscheinen, wird durch eine Deemphasis die Voranhebung der hohen Frequenzen rückgängig gemacht. Dazu dient das RC-Glied $R_1 - C_2$ in Bild 6.
Eine vollständige AM-FM-Demodulationsschaltung zeigt Bild 7. Die AM-Demodulation weist keine Besonderheiten auf. Der Verhältnisgleichrichter ist unsymmetrisch aufgebaut. Die Niederfrequenzspannung wird nach dem Deemphasisglied 50 kOhm – 500 pF entnommen. Die sich am Elko (6 µF) auf-

bauende Spannung wird als Regelspannung zur zusätzlichen Regelung der als Begrenzer arbeitenden ZF-Röhre EF 89 herangezogen. Außerdem steuert diese Regelspannung das magische Auge.

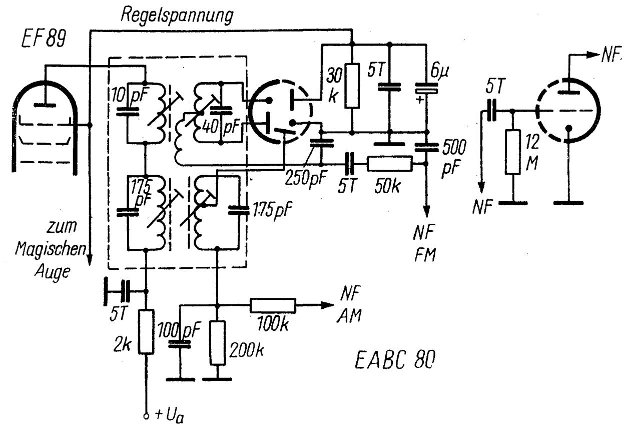
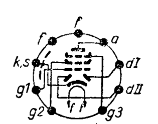


Bild 7. Demodulatorteil und erste NF-Stufe des Rundfunkempfängers „Olympia 573 W" (VEB Sachsenwerk Niedersedlitz)

2.02 Duodiode – Regelpentode EBF 80



Heizspannung 6,3 V

Heizstrom 300 mA

Betriebswerte Diode			Grenzwerte Diode		
U_D	10	V	U_{sperr}	350	V
I_D	1,5	mA	i_{max}	5	mA
R_i	6,7	kOhm	$I_{D\,max}$	0,8	mA

Betriebswerte Pentode			Grenzwerte Pentode		
U_a	200	V	U_{ao}	550	V
U_{g2}	85	V	U_a	300	V
U_{g1}	–2	V	N_a	1,5	W
I_a	5	mA	U_{g2}	125	V
I_{g2}	1,7	mA	N_{g2}	0,3	W

S	2,2	mA/V	I_k	10	mA
R_i	1,4	MOhm	$U_{f/k}$	100	V
R_k	300	Ohm	Kapazitäten Pentode		
R_{g2}	70	kOhm	C_e	4,2	pF
$r_ä$	6,8	kOhm	C_a	4,9	pF
r_e	–	kOhm	$C_{g/a}$	0,0025	pF

Die Röhre EBF 80 enthält zwei hochohmige Diodensysteme und ein regelbares Pentodensystem sowie eine allen Röhrensystemen gemeinsame Katode. Das Bremsgitter ist getrennt herausgeführt. Die beiden Diodensysteme werden zur AM-Demodulation und zur Regelspannungserzeugung verwendet. Da das Diodensystem II brumm-unempfindlicher ist, wird die Diode II zur AM-Demodulation herangezogen und die Diode I zur Regelspannungserzeugung. Das Pentodensystem kann sowohl als HF-, ZF- oder NF-Verstärker eingesetzt werden.

Bild 8 zeigt die Anwendung der Röhre EBF 80 als HF-Verstärkerröhre und als NF-Verstärkerröhre. Die Antenne wird über den Kondensator 100 pF direkt auf den Eingangskreis

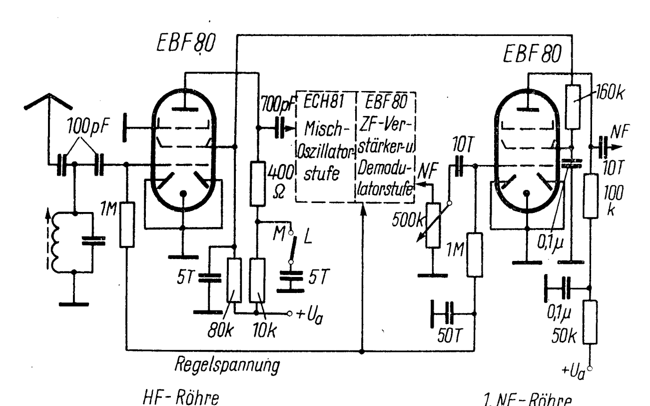


Bild 8. Anwendung der Röhre EBF 80 als HF-Verstärker und als NF-Verstärker (Autosuper „Schönburg“, VEB Funkwerk Halle)

gekoppelt. Das Steuergitter erhält über den Gitterableitwiderstand 1 MOhm die Regelspannung (Rückwärtsregelung) zugeführt. Die nach der Demodulation erhaltene NF-Spannung wird über den Lautstärkeregler 500 kOhm und den Kondensator 10 TpF an das Steuergitter der NF-Verstärkerröhre geführt. Über den Gitterableitwiderstand 1 MOhm erhält das Steuergitter ebenfalls die Regelspannung (Vorwärtsregelung). Um für die kombinierte Vorwärts- und Rückwärtsregelung eine möglichst geradlinige Regelcharakteristik zu erhalten, wird die Schirmgitterspannung für die NF-Verstärkerröhre über den Widerstand von 160 kOhm direkt vom Schirmgitter der HF-Verstärkerröhre abgenommen. Dadurch wird die verstärkte NF-Spannung weitgehend unabhängig von der Eingangsspannung des Empfängers.

Bild 9 zeigt eine Anwendung der Röhre EBF 80 als ZF-Verstärkerröhre, als Demodulator, Regelspannungserzeuger und NF-Verstärker. Um die Regelwirkung des ZF-Verstärkers zu verbessern, sind die Schirmgitter der Mischröhre und der ZF-Verstärkerröhre direkt gekoppelt und erhalten eine leicht gleitende Schirmgitterspannung durch den Spannungsteiler 20 kOhm/20 kOhm. Demodulation und Regelspannungserzeugung weisen keine Besonderheiten auf. Interessant ist

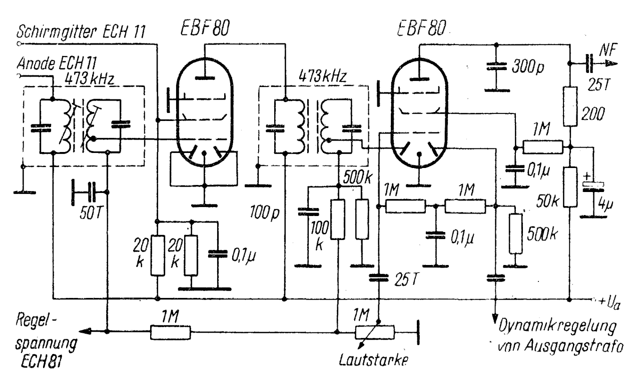


Bild 9. Anwendung der Röhre EBF 80 als ZF-Verstärker, Demodulator, Regelspannungserzeuger und NF-Verstärker (Exportsuper „66/58 W 207", VEB Stern-Radio Sonneberg)

die Verwendung der zweiten Diodenstrecke und der damit verbundenen Regelung der NF-Röhre. Es wird eine NF-seitige Dynamikregelung angewandt, damit selbst bei voll aufgedrehtem Lautstärkeregler keine Übersteuerung des NF-Verstärkers möglich ist. Zu diesem Zweck besitzt der Ausgangstrafo eine besondere Wicklung, die über den Kondensator 5 TpF eine Wechselspannung an die Diode liefert. Die an dem Widerstand 500 kOhm abfallende Gleichspannung wird über das Siebglied 1 MOhm – 0,1 μF und den Gitterableitwiderstand von 1 MOhm an das Steuergitter der NF-Röhre geführt und regelt dessen Verstärkung. Benötigt man eine verzögerte Regelspannung, bei der die Verstärkungsregelung erst bei bestimmten Eingangsspannungen einsetzt, so wird für die Regelspannungserzeugung eine eigene Diodenstrecke benötigt, die eine negative Vorspannung erhalten muß. Bei der Röhre EBF 80 erhält man diese negative Vorspannung durch einen überbrückten Katodenwiderstand.

Bild 10 zeigt eine Schaltung für die Erzeugung einer verzögerten Regelspannung. Das Pentodensystem arbeitet als ZF-Verstärker. Das rechte Diodensystem arbeitet als AM-Demodulator in üblicher Weise. Die Regelspannungsdiode erhält die ZF-Spannung vom Primärkreis des letzten Band-

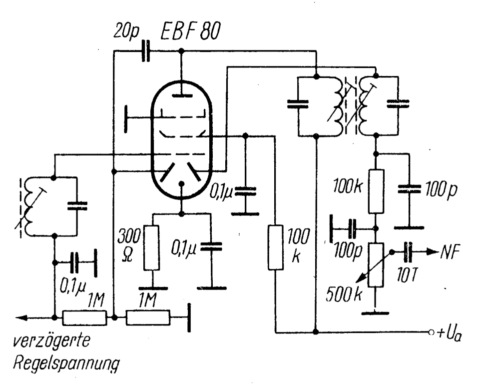
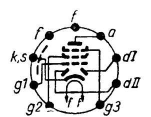


Bild 10. Schaltung der Röhre EBF 80 zur Erzeugung einer verzögerten Regelspannung

filters über den Kondensator von 20 pF. Die negative Vorspannung wird durch den Katodenstrom des Pentodensystems an der Katodenkombination 300 Ohm/0,1 μF erzeugt. Die an dem 1-MOhm-Widerstand abfallende verzögerte Regelspannung wird über das Siebglied 1 MOhm/0,1 μF den Steuergittern der zu regelnden Verstärkerröhren zugeführt.

2.03 Duodiode – Regelpentode EBF 89



Heizspannung 6,3 V

Heizstrom etwa 300 mA

Betriebswerte Diode		
U_D	6	V
I_D	1	mA
R_i	6	kOhm

Grenzwerte Diode		
U_{sperr}	200	V
i_{max}	5	mA
I_{Dmax}	0,8	mA

Betriebswerte Pentode		
U_a	250	V
U_{g2}	100	V
U_{g1}	–2	V
I_a	9	mA
I_{g2}	2,7	mA
S	3,8	mA
R_i	1	MOhm
R_k	160	Ohm
R_{g2}	50	kOhm
$r_ä$	4,2	kOhm
r_e	3,75	kOhm

Grenzwerte Pentode		
U_{ao}	550	V
U_a	300	V
N_a	2,25	W
U_{g2}	300	V
N_{g2}	0,45	W
I_k	16,5	mA
$U_{f/k}$	100	V

Kapazitäten Pentode		
C_e	5	pF
C_a	5,2	pF
$C_{g/a}$	0,0025	pF

Die Röhre EBF 89 ist in gleicher Weise aufgebaut wie die Röhre EBF 80. Nur ihre Steilheit ist größer, so daß sie, als letzte ZF-Röhre eingesetzt, eine größere ZF-Verstärkung vor allem bei UKW (ZF = 10,7 MHz) bringt.

Bild 11 zeigt eine Anwendung der Röhre EBF 89 als ZF-Verstärkerröhre, als AM-Demodulator und zur Erzeugung einer verzögerten Regelspannung. Die Verzögerungsspannung von 1,8 V sowie die übrigen Gittervorspannungen für die Triode und Pentode des NF-Teils werden in der Minus-

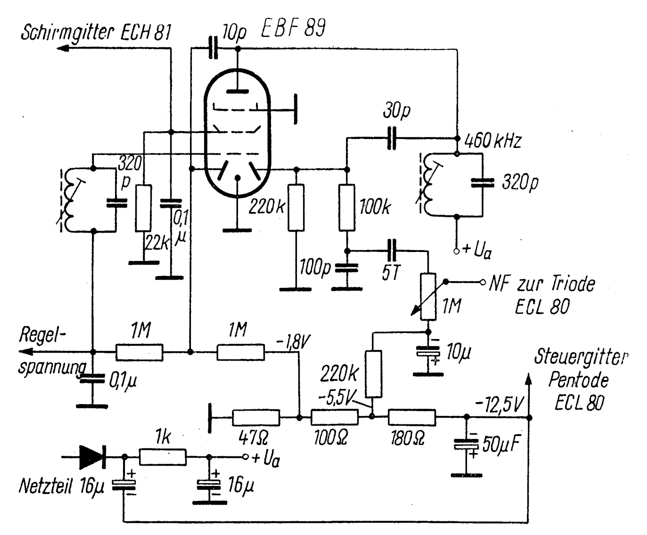


Bild 11. Erzeugung der verzögerten Regelspannung beim Mittelsuper Nora „Picco"

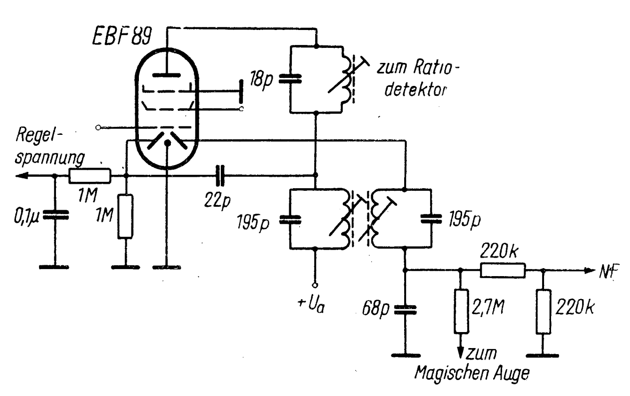


Bild 12. AM-Demodulationsschaltung mit der Röhre EBF 89 beim Philips-Super „Capella"

leitung des Netzteiles erzeugt. Durch die Verzögerung der Regelspannung wird auch bei kleineren Eingangsspannungen eine gute Empfindlichkeit erreicht.

In Bild 12 ist die erzeugte Regelspannung unverzögert. Die Abnahme der Regelspannung vom Primärkreis des Bandfilters ergibt eine höhere Regelspannung und damit eine bessere Regelung. Die Steuerspannung für ein magisches Auge wird von der Demodulator-Diode abgenommen.

2.04 HF-Triode EC 92

Heizspannung	6,3	V
Heizstrom	150	mA

Betriebswerte		
U_a	250	V
U_g	–2	V
I_a	10	mA
S	5	mA/V
D	1,67	Prozent
μ	60	
R_i	12	kOhm
R_k	200	Ohm
r_e	10	kOhm
$r_ä$	1,8	kOhm
S_c	2,1	mA/V

Grenzwerte		
U_{a0}	550	V
U_a	300	V
N_a	2,5	W
I_k	15	mA
$U_{f/k}$	100	V
$R_{f/k}$	20	kOhm
R_g	1	MOhm

Kapazitäten		
C_e	2,5	pF
C_a	0,45	pF
$C_{g/a}$	1,4	pF

Die Röhre EC 92 ist eine steile Triode für den UKW-Bereich. Sie besitzt einen 7stiftigen Miniatursockel. Die Röhre EC 92 kann als Gitterbasisstufe, als neutralisierte Katodenbasisstufe oder in Kaskodeschaltung zur Verstärkung im UKW-Bereich eingesetzt werden. In dem gleichen Frequenzbereich kann sie auch als Mischröhre oder als Oszillatorröhre verwendet werden.

Durch die Röhre ECC 85 ist heute die EC 92 als Eingangsröhre im UKW-Bereich völlig verdrängt.

Bild 13 zeigt eine von Philips entwickelte UKW-Eingangs-

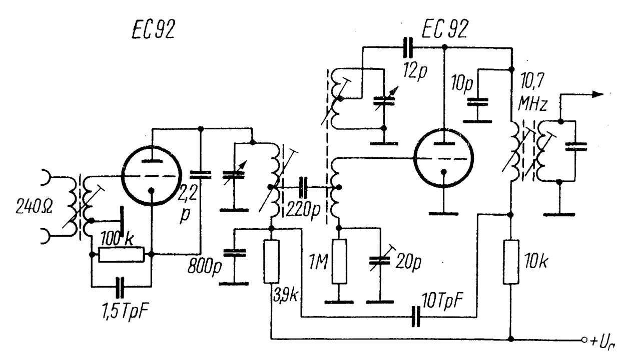


Bild 13. UKW-Eingangsschaltung mit zwei Röhren EC 92 (Philips)

schaltung mit zwei Röhren EC 92. Die Eingangsstufe arbeitet in Zwischenbasis-Schaltung. Der Erdungspunkt der Gitterkreisspule wird für ein günstiges Signal-Rauschverhältnis gewählt. Die Zwischenbasis-Schaltung ist ein Mittelding zwischen Gitterkreis- (Gitter geerdet) und Katodenbasis-Schaltung (Katode geerdet). Gegenüber der Gitterbasis-Schaltung erlaubt sie eine Antennenaufschaukelung und damit ein besseres Signal-Rauschverhältnis, und gegenüber der Katodenbasis-Schaltung besitzt sie den Vorteil einer geringeren Selbsterregungsneigung. Zur Neutralisation genügt daher der Kondensator 2,2 pF von Anode nach Katode. Der Oszillator schwingt mit induktiver Rückkopplung, wobei der frequenzbestimmende Kreis gleichspannungsfrei an der Anode liegt. Damit keine Oszillatorspannung an die Vorröhre gelangt, bilden die zwei Hälften der Rückkopplungsspule mit der Gitter-Katoden-Kapazität und dem Trimmer von 20 pF eine Brückenschaltung. Bei richtiger Einstellung des Trimmers ist die Brückendiagonale (Spulenanzapfung–Katode), an der die Eingangsspannung liegt, frei von der Oszillatorspannung.

Verwendet man in der Eingangsschaltung eine Kaskodestufe (z. B. mit der Röhre ECC 84), so wird für die selbstschwingende Mischstufe ein weiteres Triodensystem benötigt. Dafür nimmt man meist eine Röhre EC 92.

Bild 14 zeigt eine derartige Schaltung, die von der Firma Nogoton für ihre UKW-Einbausuper verwendet wird. Der Oszillator schwingt in ECO-Schaltung, d. h., die Katode liegt an einer Anzapfung der Oszillatorspule. Zur Erhöhung des Innenwiderstandes der Mischröhre wird eine ZF-Rückkopplung angewendet. Zu diesem Zweck führt vom kalten Ende des ersten Bandfilterkreises ein Kondensator von 5 TpF zum kalten Ende des UKW-Zwischenkreises. Die UKW-Eingangsspannung liegt über dem Kondensator von 50 pF am Steuergitter der Röhre EC 92.

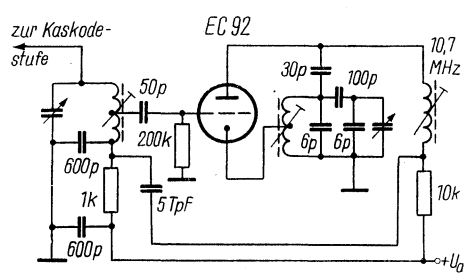


Bild 14. Oszillatorstufe mit Röhre EC 92 (Nogoton)

2.05 Doppeltriode mit getrennten Katoden ECC 81

	parallel	hintereinander
Heizspannung	6,3 V	12,6 V
Heizstrom	300 mA	150 mA

Betriebswerte			Grenzwerte		
U_a	250	V	U_{a0}	550	V
U_g	−2	V	U_a	300	V
I_a	10	mA	N_a	2,5	W
S	5	mA/V	I_k	15	mA
D	1,67	Prozent	$U_{f/k}$	100	V
μ	60		$R_{f/k}$	20	kOhm
R_i	12	kOhm	R_g	1	MOhm

			Kapazitäten	
R_k	200	Ohm		
r_e	6,5	kOhm	C_e	2,5 pF
$r_ä$	0,7	kOhm	C_a	0,45 pF
S_e	2,1	mA/V	$C_{g/a}$	1,45 pF

Die Röhre ECC 81 enthält zwei völlig getrennte Triodensysteme, die der Röhre EC 92 entsprechen. Sie kann daher wie diese in der UKW-Schaltungstechnik eingesetzt werden. Jedes Triodensystem besitzt einen eigenen Heizfaden für 6,3 V. Da die Mitte der beiden hintereinandergeschalteten Heizfäden an einen Stift des Röhrenfußes geführt ist, können die beiden Heizfäden sowohl in Serienschaltung als auch in Parallelschaltung betrieben werden. Bei Serienschaltung beträgt die Heizspannung 12,6 V und der Heizstrom 150 mA, bei Parallelschaltung dagegen 6,3 V und 300 mA.
Die für die Röhre EC 92 gezeigten Schaltbeispiele können ohne Änderung auch mit der Röhre ECC 81 ausgeführt werden.
Bild 15 zeigt zwei Gegentaktschaltungen für die Eingangsstufe eines UKW-Empfängers. Die Widerstände und Kapazitäten liegen bei der Gegentaktschaltung in Serie, so daß der Eingangs- und Ausgangswiderstand doppelt so groß und die Eingangs- und Ausgangskapazität nur halb so groß sind wie bei einem Röhrensystem. Das wirkt sich im UKW-Bereich besonders günstig aus, da dort Eingangs- und Ausgangskapazität besonders klein sein sollen. Um eine Selbsterregung über die Gitter-Anoden-Kapazität zu verhindern, muß eine Neutralisation angewendet werden. Zu diesem Zweck führt von dem Gitter des einen Systems zur Anode des anderen Systems jeweils ein kleiner Kondensator (1 bis 2 pF). Gitter- und Anodenkreis werden mit den Röhrenkapazitäten auf Bandmitte abgestimmt. Da die Katoden über den Widerstand von 50 Ohm und die Kapazität 600 pF an Masse liegen, bezeichnet man die Schaltung nach Bild 15 a als Gegentakt-Katodenbasis-Schaltung. Die Schaltung nach Bild 15 b bezeichnet man dann sinngemäß als Gegentakt-Gitterbasis-Schaltung. Da beide Gitter geerdet sind, ist eine Neutralisation nicht erforderlich. Die Eingangs-

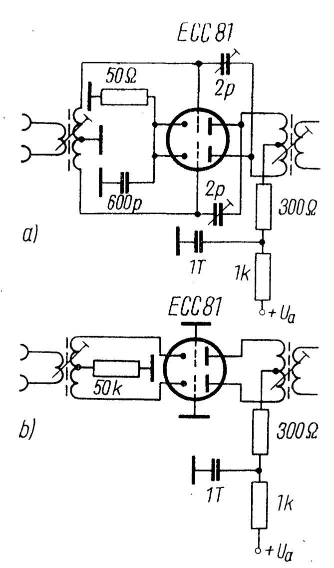


Bild 15. UKW-Eingangsstufe in Gegentaktschaltung
a) Katodenbasis-Schaltung, b) Gitterbasis-Schaltung

spannung wird den beiden Katoden zugeführt. Da der Eingangswiderstand der Gitterbasis-Schaltung sehr niederohmig ist, ($r_e \sim 1/S$), genügt eine Abstimmung auf Bandmitte.

Eine additive Mischschaltung mit der Röhre ECC 81 für einen AM-Empfänger zeigt Bild 16. Gegenüber der sonst üblichen multiplikativen Mischung weist die additive Mischung vor allem im KW-Bereich einige Vorteile auf. So liegt bei der additiven Mischung die Kreuzmodulationsfestigkeit wesentlich höher, so daß weniger Pfeifstellen auftreten. Auch der Rauschwiderstand der Mischröhre ist bei der additiven Mischung bedeutend niedriger. Vor allem im UKW-Bereich hat sich daher die additive Mischung durchgesetzt. In Bild 16 wird die Eingangsfrequenz an die Katode und die Oszillatorfrequenz an das Steuergitter des ersten Röhrensystems der Röhre ECC 81 geführt. Das zweite Röhren-

system dient zur Erzeugung der Oszillatorfrequenz. Da beide Frequenzen getrennten Röhrenelektroden zugeführt werden, ergibt sich eine gute Rückwirkungsfreiheit.

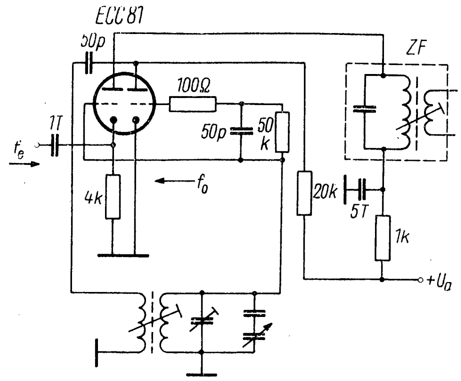


Bild 16. Additive Mischung in einem AM-Empfänger (Grundig „5048 WE/3 D/1“)

2.06 Doppeltriode mit getrennten Katoden ECC 82

	parallel	hintereinander
Heizspannung	6,3 V	12,6 V
Heizstrom	300 mA	150 mA

Betriebswerte

U_a	250 V
U_g	–8,5 V
I_a	10,5 mA
S	2,2 mA/V
D	5,9 Prozent
μ	17
R_i	7,7 kOhm
R_k	1000 Ohm
R_a	13 kOhm
N_{spr}	270 mW
k	10 Prozent

Grenzwerte

U_{ao}	550 V
U_a	300 V
N_a	2,75 W
I_k	20 mA
$U_{f/k}$	180 V
$R_{f/k}$	20 kOhm
R_g	1 MOhm

Kapazitäten

C_e	1,6 pF
C_a	0,55 pF
$C_{g/a}$	1,4 pF

Die Röhre ECC 82 enthält wie die Röhre ECC 81 zwei vollständig getrennte Triodensysteme. Auch die Heizkreisschaltung entspricht der der Röhre ECC 81. Die Triodensysteme weisen aber andere Werte auf. Gegenüber der Röhre ECC 81 ist bei der Röhre ECC 82 die Steilheit geringer und der Durchgriff größer. Die Röhre ECC 82 kann in Oszillatorschaltungen, als Phasenumkehrröhre für Gegentaktverstärker und zur Niederfrequenzverstärkung verwendet werden.

Eine Anwendung zur Niederfrequenzverstärkung mit der Röhre ECC 82 zeigt Bild 17. Das zweite Röhrensystem arbeitet

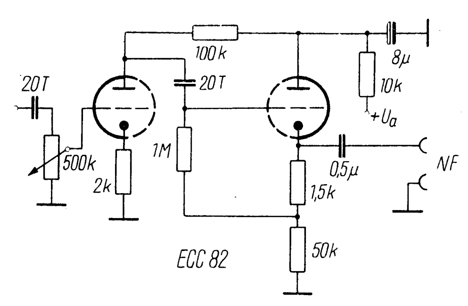


Bild 17. NF-Verstärker mit niederohmigem Ausgang

in Anodenbasis-Schaltung (Katodenverstärker), wobei der Verstärkungsfaktor dieser Röhrenstufe stets kleiner als 1 ist. Der Vorteil der Schaltung besteht darin, daß der Ausgang niederohmig ist. Dadurch können zum nachfolgenden Hauptverstärker längere Leitungen führen, ohne daß eine Brummeinstreuung zu befürchten ist. Auch eine Beeinflussung der Wiedergabegüte (Höhenverluste) durch die Kabelkapazität wird nicht auftreten. Mit Hilfe dieser Schaltung kann man also bequem Tonspannungsquellen wie Mikrofon, Empfänger, Tonband oder Plattenspieler über eine längere Leitung zum Hauptverstärker führen. Tonspannungsquellen mit geringer Spannungsabgabe benötigen allerdings vor dieser Schaltung noch eine Pentodenstufe (z. B. EF 86) zur Vorverstärkung.

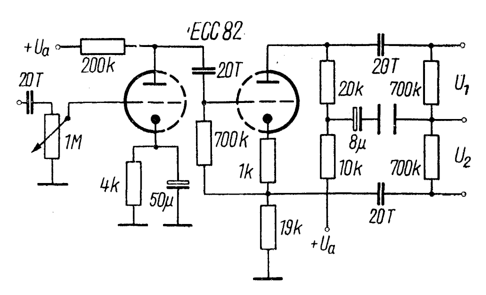


Bild 18. Schaltung einer Phasenumkehrröhre (Katodyn-Schaltung)

Eine Anwendung der Röhre ECC 82 als Phasenumkehrröhre zeigt die Schaltung in Bild 18. Während das erste Röhrensystem in normaler Schaltung als NF-Verstärker arbeitet, wird das zweite Röhrensystem in Katodyn-Schaltung als Phasenumkehrröhre benutzt. Die zwei Steuergitter einer Gegentaktendstufe müssen zwei um 180° verschobene NF-Steuerspannungen erhalten, damit im Ausgang die Summen der beiden Wechselspannungen entnommen werden können. Für diesen Zweck arbeitet die Katodyn-Schaltung einfach und betriebssicher. Da im Katodenkreis die gleiche Phasenlage vorhanden ist wie am Steuergitter, dagegen im Anodenkreis die Phasenlage zum Steuergitter um 180° verschoben ist, werden die beiden Steuerspannungen für die Gegentaktstufe dem Anodenkreis und dem Katodenkreis entnommen. Der Außenwiderstand der Phasenumkehrröhre muß daher halbiert werden. Eine Hälfte liegt im Katodenkreis und die andere im Anodenkreis. Damit gleiche Steuerspannungen zur Verfügung stehen, sollen die Widerstände in beiden Kreisen gleich groß sein. Die Gittervorspannung für die Phasenumkehrröhre wird durch den in der Katode liegenden Widerstand von 1 kOhm erzeugt. Der Gitterableitwiderstand des zweiten Röhrensystems liegt zwischen dem unteren Ende des Katodenwiderstandes und dem Steuergitter. Zu beachten ist, daß der Verstärkungsfaktor der Katodyn-Schaltung stets < 1 ist.

2.07 Brumm- und klingarme Doppeltriode ECC 83

	parallel	hintereinander	
Heizspannung	6,3	12,6	V
Heizstrom	300	150	mA

Betriebswerte			Grenzwerte		
U_a	250	V	U_{ao}	550	V
U_g	−2	V	U_a	300	V
I_a	1,2	mA	N_a	1	W
S	1,6	mA/V	I_k	8	mA
D	1	Prozent	$U_{f/k}$	180	V
μ	100		$R_{f/k}$	20	kOhm
R_i	62,5	kOhm	R_g	2	MOhm
R_k	1,6	kOhm	Kapazitäten		
R_a	250	kOhm	C_e	1,5	pF
R_g	1	MOhm	C_a	0,5	pF
V	55	fach	$C_{g/a}$	1,7	pF

Speziell zur Niederfrequenzverstärkung wurde die Doppeltriode ECC 83 geschaffen. Sie kann als NF-Verstärker mit RC-Kopplung oder als Phasenumkehrröhre eingesetzt werden. Der niedrige Durchgriff erlaubt eine Leerlaufverstärkung von $\mu = 100$, so daß bei der Verwendung für NF-Zwecke starke Gegenkopplungen angewandt werden können. Das Röhrensystem ist weitestgehend kling- und brummfrei aufgebaut und erlaubt daher auch eine gute Ausnutzung der möglichen Verstärkung. Der Heizfaden ist auch bei dieser Röhre unterteilt und gestattet eine Serien- oder Parallelschaltung der beiden Heizfäden.

Bild 19 zeigt eine Anwendung der Röhre ECC 83 als Verstärkerröhre in einem Mikrofon-Vorverstärker für ein Kristallmikrofon. Die Kristallkapsel liegt über dem Kondensator von 1 TpF an dem Steuergitter des ersten Triodensystems. Die Gittervorspannung für das erste Triodensystem wird an dem Gitterableitwiderstand von 10 MOhm durch den Gitteranlaufstrom erzeugt. Diese Schaltungsart zeigt vor allem hinsichtlich der Brummfreiheit wesentliche Vorteile.

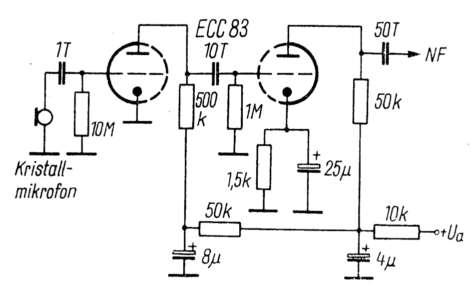


Bild 19. Mikrofon-Vorverstärkung für ein Kristallmikrofon

Das zweite Röhrensystem arbeitet in konventioneller Weise mit einer Katodenkombination. Infolge der hohen Verstärkung beider Triodensysteme passieren die zugeführten Anodenspannungen besondere Siebglieder.

Eine Verstärkerschaltung mit getrennter Höhen- und Tiefenregelung zeigt Bild 20. Diese Schaltungen wendet man meist

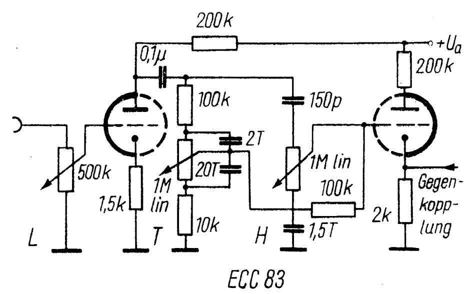


Bild 20. Verstärkerschaltung mit getrennter Höhen- und Tiefenregelung

in NF-Mischverstärkern, NF-Vorverstärkern oder kleinen NF-Verstärkern zur kontinuierlichen Klangregelung an. Das in Bild 20 gezeigte Klangregelglied erlaubt eine Anhebung bzw. Absenkung der Höhen und Tiefen um jeweils ± 15 dB. Der mittlere Frequenzbereich von etwa 500 bis 1500 Hz wird fast geradlinig verstärkt. Beide Röhrensysteme sind stromgegengekoppelt durch den nicht überbrückten Katodenwiderstand. Das zweite Röhrensystem erhält noch eine

zusätzliche Spannungsgegenkopplung von der Sekundärwicklung des Ausgangsübertragers.

Eine Phasenumkehrschaltung unter Verwendung zweier Trioden zeigt Bild 21. Im Vergleich zu der Phasenumkehr-

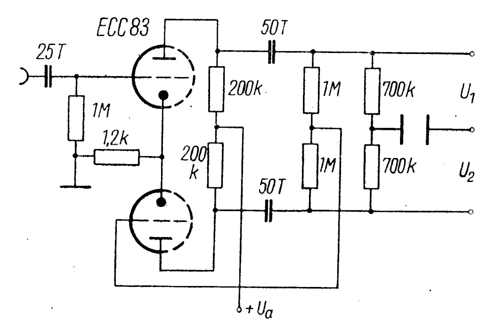
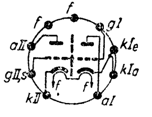


Bild 21. Phasenumkehrschaltung mit zwei Triodensystemen

schaltung nach Bild 18, bei der die Verstärkung der Phasenumkehrröhre stets < 1 ist, besitzt die Schaltung nach Bild 21 immerhin noch einen Verstärkungsfaktor von etwa 25. Die niederfrequente Eingangsspannung wird dem ersten Triodensystem zugeführt. Die Steuerspannung für das zweite Triodensystem wird einem Spannungsteiler (2 · 1 MOhm) entnommen, der hinter den Gitterkondensatoren der Gegentaktendstufe angeordnet ist. Da sich die Schaltung weitestgehend selbst symmetriert, sind keine besonderen Einstellungen für die richtige Steuerung des zweiten Röhrensystems erforderlich. Die Symmetrierung erfolgt automatisch durch den nicht überbrückten Katodenwiderstand, der von beiden Röhrensystemen gemeinsam benutzt wird. Befindet sich die Schaltung im Zustand der Symmetrie, so fällt an diesem Katodenwiderstand keine Spannung ab. Arbeitet die Schaltung unsymmetrisch, so wirkt die an dem Katodenwiderstand abfallende Wechselspannung für das erste Triodensystem als Gegenkopplung und für das zweite Röhrensystem als Mitkopplung. Durch diese Wirkungen symmetriert sich die Schaltung in gewissen Grenzen selbsttätig.

2.08 Steile Doppeltriode für Kaskode-Schaltung ECC 84



Heizspannung 6,3 V

Heizstrom 340 mA

Betriebswerte			Grenzwerte		
U_a	90	V	U_{ao}	550	V
U_g	—1,5	V	U_a	180	V
I_a	12	mA	N_a	2	W
S	6	mA/V	I_k	18	mA
D	4,2	Prozent	$U_{f/k}$	90	V
μ	24		$R_{f/k}$	20	kOhm
R_i	4	kOhm	R_g	0,5	MOhm
r_e (50 MHz)	64	kOhm	Kapazitäten		
r_e (100 MHz)	16	kOhm	$C_{a1/k1}$	0,5	pF
r_e (200 MHz)	4	kOhm	$C_{g1/a1}$	1,1	pF
F_1	6,5		$C_{a2/k2}$	0,17	pF

Obwohl die Röhre ECC 84 speziell für die Eingangsstufe von Fernsehempfängern entwickelt wurde, kann sie auch in der Eingangsstufe grenzempfindlicher UKW-Empfänger eingesetzt werden. Die zwei getrennt aufgebauten Triodensysteme sind gegeneinander abgeschirmt. Innerhalb des Röhrenkolbens ist die Abschirmung mit dem Gitter des zweiten Triodensystems verbunden. Dadurch ist die Röhre ECC 84 speziell in der Kaskode-Schaltung verwendbar. Das erste Triodensystem wird dabei in Katodenbasis- und das zweite Triodensystem in Gitterbasis-Schaltung betrieben. Diese Schaltungskombination gibt der UKW-Eingangsschaltung die Verstärkungseigenschaften einer Pentode und die günstigen Rauscheigenschaften einer Triode. Die Kopplung der Kaskodestufe erfolgt über ein π-Glied, bestehend aus der Spule $L\pi$ und der Ausgangskapazität des ersten Triodensystems und der Eingangskapazität des zweiten Katodensystems. Die Katode des ersten Triodensystems ist zur Erreichung eines hohen Eingangswiderstandes zweimal herausgeführt. Im UKW-Bereich bis 200 MHz weist die Röhre ECC 84 gute Rauscheigenschaften auf.

Eine Anwendung der Röhre ECC 84 in einer Kaskodestufe zeigt Bild 22. Die im Schaltbild verwendete Röhre PCC 84 besitzt gegenüber der Röhre ECC 84 nur andere Heizdaten (7,2 V und 300 mA). Der Dipol wird über zwei Kapazitäten von 20 pF an zwei Abgriffe des Eingangskreises gelegt. Der Erdpunkt der Eingangsspule wird für günstige Rauschanpassung der Antenne an den Eingangskreis gewählt. Der

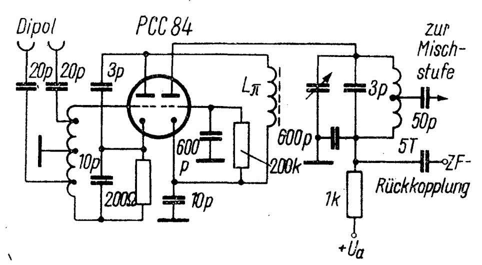
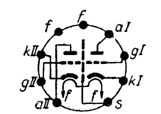


Bild 22. Kaskode-Eingangsschaltung für den UKW-Bereich (Nogoton)

Neutralisationskondensator von 3 pF verhindert eine Selbsterregung der Katodenbasisstufe. Das π-Glied (L_π plus Kapazitäten) muß dabei fest auf Bandmitte abgestimmt sein. Der Zwischenkreis wird ebenso wie der nicht gezeigte Oszillatorkreis kapazitiv abgestimmt. Zur Erhöhung des Innenwiderstandes der Mischröhre kann man eine ZF-Rückkopplung anwenden. Zu diesem Zweck liegt der Kondensator von 5 TpF zwischen den kalten Enden des Zwischenkreises und des ersten Bandfilterkreises. Da die Röhre ECC 84 für eine Anodenspannung von 90 V konstruiert wurde, können beide Systeme gleichstrommäßig in Serie geschaltet werden.

2.09 HF-Doppeltriode ECC 85



Heizspannung 6,3 V
Heizstrom 435 mA

Betriebswerte		Grenzwerte	
U_a	250 V	U_{a0}	550 V
U_g	−2 V	U_a	300 V

I_a	10 mA	N_a	2,5 W
S	6 mA/V	I_k	15 mA
D	1,7 Prozent	$U_{f/k}$	90 V
μ	58	$R_{f/k}$	20 kOhm
R_i	9,7 kOhm	R_g	1 MOhm
R_k	100 Ohm		Kapazitäten
r_e	6 kOhm	C_e	3 pF
$r_ä$	0,5 kOhm	C_a	1,2 pF
S_c	2,3 mA/V	$C_{g/a}$	1,5 pF

Die Röhre ECC 85 hat sich als Standardbestückung der UKW-Eingangsstufe von Rundfunkempfängern durchgesetzt. Sie besitzt zwei gleiche, sorgfältig gegeneinander abgeschirmte Triodensysteme. Die Abschirmung ist an einen besonderen Sockelstift geführt. Während das zweite Triodensystem meist als selbstschwingende Mischstufe benutzt wird, kann das erste Triodensystem entweder in Gitterbasis-, Katodenbasis- oder Zwischenbasisschaltung betrieben werden. Besonders günstige Eigenschaften weist die Zwischenbasisschaltung auf. Sie stellt ein Zwischending zwischen Katodenbasis- und Gitterbasisschaltung dar. Liegt zum Beispiel der geerdete Anzapfpunkt der Eingangsspule am Gitter, so entsteht die Gitterbasisschaltung. Liegt der Anzapfpunkt an der Katode, so entsteht eine Katodenbasisschaltung. Alle Anzapfpunkte zwischen diesen beiden ergeben die Zwischenbasisschaltung. Der Hauptvorteil dieser Schaltung liegt in der Möglichkeit, zugleich eine Leistungs- und eine Rauschanpassung der Antenne an den Empfängereingang zu verwirklichen. Durch Wahl einer entsprechenden Anzapfung kann Leistungsanpassung erzielt werden. Wird dabei das Übersetzungsverhältnis zwischen Antennenspule und Gitterkreisspule so gewählt, daß der übersetzte Antennenwiderstand der minimalen Rauschanpassung entspricht, dann liegt gleichzeitig auch Rauschanpassung vor. Eine Neutralisation ist auf einfache Weise für einen großen Frequenzbereich möglich, indem eine kleine Kapazität von etwa 1 bis 3 pF zwischen Anode und Katode des ersten Triodensystems geschaltet wird.

Mit der Gitterbasisschaltung lassen sich ebenfalls gute Ergebnisse erzielen. Der Verstärkungsfaktor der Gitterbasisstufe ist um ein Geringes größer als der einer Katodenbasisstufe. Charakteristisch für die Gitterbasisstufe ist der niedrige Eingangswiderstand ($r_e \sim 1/S$), der gute Anpassungsmöglichkeiten für die niederohmigen UKW-Antennen ergibt. Durch den niederohmigen Eingangswiderstand wird der Eingangskreis so bedämpft, daß eine kontinuierliche Abstimmung nicht notwendig ist; der Kreis wird deshalb nur auf Bandmitte gelegt. Durch die Erdung des Gitters ergibt sich eine gute Entkopplung, so daß eine Neutralisation entfallen kann.

Die Röhre ECC 85 kann auch als Kaskodestufe geschaltet werden und zeigt dabei gute Eigenschaften. Da zum Betrieb der Röhre ECC 85 höhere Anodenspannungen notwendig sind, muß eine gleichstrommäßige Parallelschaltung der beiden Triodensysteme in der Kaskode-Schaltung erfolgen.

Eine Anwendung der Röhre ECC 85 in der Gitterbasisschaltung zeigt Bild 23. Die selbstschwingende Mischröhre ist über ein fest eingestelltes Bandfilter gekoppelt. Höhere Dämpfung und stark überkritische Kopplung ergeben für

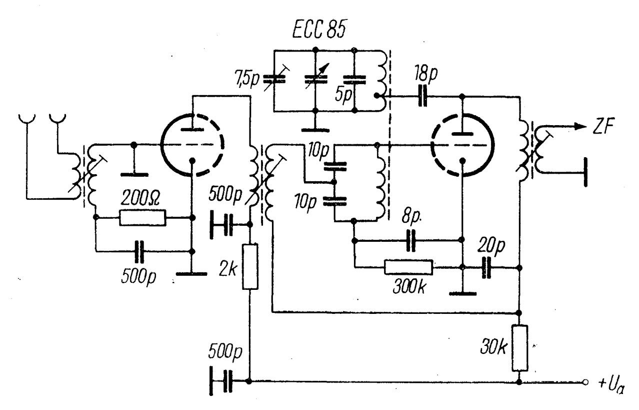


Bild 23. UKW-Eingangsschaltung mit Gitterbasis-Eingang und selbstschwingender Mischstufe („Olympia 573 W" VEB Sachsenwerk Niedersedlitz)

den interessierenden Frequenzbereich einen ausreichenden Übertragungsbereich. Die Mischröhre ist in der üblichen Brückenschaltung zur Unterdrückung der Oszillatorausstrahlung aufgebaut. Zur Erhöhung des Innenwiderstandes wird die Mischröhre dabei entdämpft, so daß eine ausreichende Mischverstärkung erzielt wird. Die gut verblockte und abgeschirmte Ausführung des UKW-Eingangsteiles und die niederohmige Auskopplung der ZF garantieren eine wirksame Unterdrückung der Störausstrahlung der Oszillatorfrequenz. Es wird lediglich der Oszillatorkreis kapazitiv abgestimmt. Der frequenzbestimmende Schwingkreis des Oszillators liegt gleichspannungsfrei an der Anode der selbstschwingenden Mischröhre.

In Bild 24 arbeitet das erste Triodensystem der Röhre ECC 85

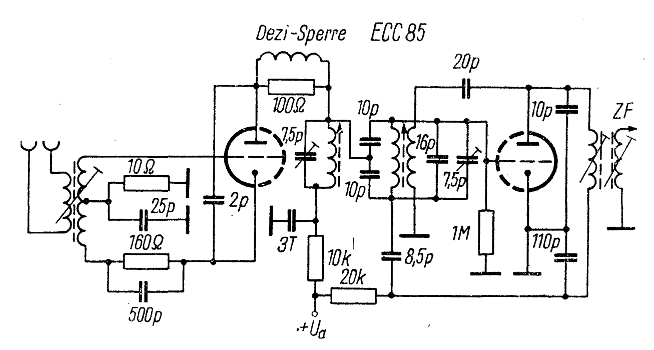
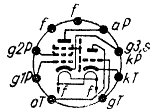


Bild 24. UKW-Eingangsschaltung in Zwischenbasis-Schaltung („Consul" VEB Stern-Radio Sonneberg)

in Zwischenbasisschaltung. Zur Neutralisation dient der Kondensator von 2 pF zwischen Anode und Katode der Zwischenbasisstufe. Die Ankopplung an die selbstschwingende Mischröhre erfolgt über einen abstimmbaren Zwischenkreis. Die Mischstufe selbst ist wieder in Brückenschaltung aufgebaut. Die Kondensatoren von 8,5 pF und 110 pF sorgen für eine Entdämpfung der Mischröhre. Der frequenzbestimmende Schwingkreis des Oszillators liegt bei dieser Schaltung am Gitter der Mischröhre. Die Abstimmung

erfolgt induktiv am Zwischen- und Oszillatorkreis. Zum Kurzschluß der Oszillatorfrequenz im Anodenkreis der Mischröhre dient der Kondensator von 10 pF. Die von der Deutschen Post vorgeschriebenen Werte über Störausstrahlung konnten bei dieser Schaltung unterboten werden.

2.10 Steile Triode-Pentode ECF 82



Heizspannung	6,3	V
Heizstrom	450	mA

Betriebswerte Triode

U_a	150	V
U_g	−1	V
I_a	18	mA
S	8,5	mA/V
D	2,5	Prozent
μ	40	
R_i	4,5	kOhm
R_k	56	Ohm
r_e	5	kOhm
$r_ä$	320	kOhm

Grenzwerte Triode

U_{a0}	550	V
U_a	300	V
N_a	2,7	W
I_k	20	mA
$U_{f/k}$	90	V
$R_{f/k}$	20	kOhm

Kapazitäten Triode

C_e	2,5	pF
C_a	0,35	pF
$C_{g/a}$	1,8	pF

Betriebswerte Pentode

U_a	200	V
U_{g2}	110	V
U_{g1}	−0,9	V
I_a	10	mA
I_{g2}	3,5	mA
S	5,2	mA/V
R_i	0,4	MOhm
R_k	68	Ohm
S_c	1,8	mA/V
r_e	10	kOhm
$r_ä$	1	kOhm

Grenzwerte Pentode

U_{a0}	550	V
U_a	300	V
N_a	2,8	W
U_{g2}	300	V
N_{g2}	0,5	W
I_k	20	mA
$U_{f/k}$	90	V

Kapazitäten Pentode

C_e	5	pF
C_a	2,6	pF
$C_{g/a}$	0,01	pF

Die Röhre ECF 82 enthält in einem Röhrenkolben, völlig getrennt und gegeneinander abgeschirmt, ein steiles Triodensystem und ein steiles Pentodensystem. Die Abschirmung und

das Bremsgitter der Pentode sind innerhalb des Röhrenkolbens mit der Katode der Pentode verbunden. Diese Röhre wird speziell in Fernsehempfängern als fremderregte Mischröhre und Oszillatorröhre verwendet, kann aber auch zum gleichen Zweck bei grenzempfindlichen UKW-Empfängern eingesetzt werden. Mit Hilfe des Triodensystems wird die zur Überlagerung benötigte Oszillatorfrequenz erzeugt und über eine kleine Kapazität auf das Steuergitter des Pentodensystems gekoppelt. Es erfolgt eine additive Mischung, die im UKW-Bereich wegen ihrer Vorteile üblich ist. Das steile Pentodensystem ergibt eine gute Mischverstärkung, und die Verwendung einer besonderen Oszillatorröhre erlaubt eine Einstellung der für die Mischung günstigsten Größe der Oszillatorspannung.

2.11 Triode-Heptode ECH 81

Heizspannung 6,3 V
Heizstrom 300 mA

Betriebswerte Triode

U_a	250	V
I_a	5	mA
S	3,7	mA/V
D	4,55	Prozent
μ	22	
R_i	6	kOhm
R_a	30	kOhm
S_{eff}	0,55	mA/V
R_g	50	kOhm
I_g	200	µA
U_{osz}	8,5	V

Betriebswerte Heptode

U_a	250	V
I_a	3,2	mA
U_{g1}	–2	V
U_{g2+4}	100	V
I_{g2+4}	6	mA
S_c	775	µA/V
R_i	1	MOhm

Grenzwerte Triode

U_{ao}	550	V
U_a	250	V
N_a	0,8	W
I_k	6,5	mA
$U_{f/k}$	100	V
$R_{f/k}$	20	kOhm
R_g	50	MOhm

Kapazitäten Triode

C_e	3	pF
C_a	3	pF
$C_{g/a}$	1	pF

Grenzwerte Heptode

U_{ao}	550	V
U_a	300	V
N_a	1,7	W
U_{g2+4}	125	V
N_{g2+4}	1	W
I_k	12,5	mA

			Kapazitäten Heptode
r_e	1,2 kOhm	C_e	4,9 pF
$r_ä$	70 kOhm	C_a	7,9 pF
R_{g2}	25 kOhm	$C_{g/a}$	0,006 pF

Die Röhre ECH 81 enthält ein Heptodensystem und ein Triodensystem sowie eine beiden Systemen gemeinsame Katode. Im Gegensatz zu der früher verwendeten Röhre ECH 11 sind bei der Röhre ECH 81 das zweite Steuergitter des Heptodensystems und das Gitter des Triodensystems getrennt herausgeführt und an verschiedene Röhrenstifte gelegt. Daher kann die Röhre ECH 81 neben ihrer eigentlichen Verwendung als Misch-Oszillatorröhre in AM-Empfangsschaltungen auch in UKW-, ZF- und NF-Verstärkerschaltungen eingesetzt werden. Im Anfang der UKW-Entwicklung wurde das Heptodensystem als UKW-Eingangsröhre und das Triodensystem als selbstschwingende Mischstufe benutzt. Diese Anwendung ist heute durch die modernen, rauscharmen Doppeltrioden gänzlich überholt. In modernen AM/FM-Empfängern wird die AM-Mischröhre umgeschaltet als UKW-ZF-Verstärker, während der AM-Oszillatorteil bei UKW-Empfang stillgelegt ist.

Bild 25 zeigt eine Anwendung der Röhre ECH 81 als Misch-Oszillatorröhre in einem AM-Empfänger. Am ersten Steuer-

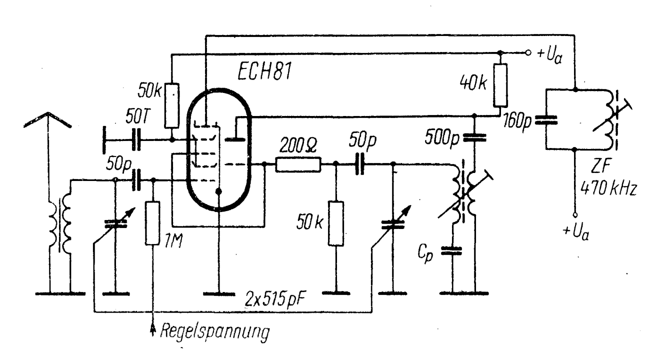


Bild 25. Vereinfachte Schaltung der Misch-Oszillatorstufe eines AM-Empfängers (nach Telefunken)

gitter liegt der Eingangskreis. Über den Gitterableitwiderstand wird die bei der Demodulation erhaltene Regelspannung zugeführt. Das zweite Steuergitter erhält die zur Überlagerung notwendige Oszillatorfrequenz. Man spricht in diesem Fall von einer multiplikativen Mischung, da beide Steuerspannungen zwischen verschiedenen Steuergittern und Katode liegen. Der zwischenfrequente Anodenstrom schwankt entsprechend dem Produkt der beiden zugeführten Spannungen. Die Oszillatorfrequenz wird durch eine induktive Rückkopplungsspannung erzeugt. Da die Oszillatorfrequenz um den Betrag der Zwischenfrequenz höher schwingt als die Eingangsfrequenz, muß bei Verwendung eines Zweifachdrehkondensators mit gleich großen Kapazitäten das Oszillator-Drehkondensatorpaket elektrisch verkürzt werden. Das geschieht durch entsprechende Wahl des Verkürzungskondensators C_p. Im Anodenkreis liegt der Primärkreis des auf die gewünschte Zwischenfrequenz (meist 468 kHz) abgestimmten ZF-Bandfilters.

Eine Anwendung der Röhre ECH 81 in einem AM/FM-Empfänger zeigt Bild 26. Der Oszillator schwingt in Colpitts-

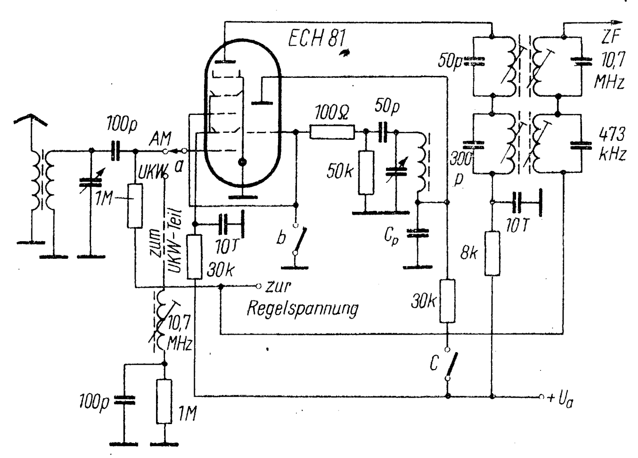
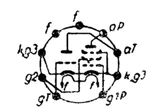


Bild 26. Vereinfachte Darstellung der AM-Mischstufe in einem AM/FM-Empfänger („Berolina 8 E 171" VEB Stern-Radio Berlin)

Schaltung. Die Bandfilter der FM- und der AM-Zwischenfrequenz sind in Serie geschaltet. Da die beiden Zwischenfrequenzen sehr weit auseinanderliegen (10,7 MHz und 470 kHz), ist eine gegenseitige Beeinflussung kaum zu bemerken. Im UKW-Bereich arbeitet das Heptodensystem der Röhre ECH 81 als erster ZF-Verstärker. Dabei muß der Schalter a umgeschaltet werden, der das erste Steuergitter an den Sekundärkreis des ersten FM-Bandfilters legt. Da die UKW-ZF-Stufen nicht geregelt werden, wird vor der Regelspannungszuführung umgeschaltet und am kalten Ende des Sekundärkreises des ersten FM-Bandfilters der benötigte Gitterableitwiderstand eingefügt. Benutzt man den bereits vorhandenen Gitterableitwiderstand, so muß bei UKW-Empfang die Regelleitung nach Masse kurzgeschlossen werden. Die Oszillatorschaltung wird außer Betrieb gesetzt, indem mit Schalter b das zweite Steuergitter des Heptodensystems geerdet und mit Schalter c die Anodenspannung der Oszillatorröhre abgeschaltet wird.

2.12 Triode-Endpentode ECL 81



Heizspannung 6,3 V
Heizstrom 600 mA

Betriebswerte Triode		
U_a	200	V
U_g	−1,5	V
I_a	0,9	mA
S	1,6	mA/V
D	1,8	Prozent
μ	55	
R_i	34	kOhm
R_a	100	kOhm
V	41	fach
R_g	1	MOhm

Grenzwerte Triode		
U_{ao}	550	V
U_a	250	V
N_a	1	W
I_k	8	mA
$U_{f/k}$	75	V
$R_{f/k}$	20	kOhm

Kapazitäten Triode		
C_e	1,8	pF
C_a	1,0	pF
$C_{g/a}$	2,1	pF

Betriebswerte Pentode		
U_a	200	V
U_{g2}	200	V
U_{g1}	−7	V

Grenzwerte Pentode		
U_{ao}	550	V
U_a	250	V
N_a	6,5	W

I_a	30	mA	U_{g2}	250	V
I_{g2}	4,8	mA	N_{g2}	1,5	W
S	8,75	mA/V	I_k	45	mA
R_i	22	kOhm	$U_{f/k}$	75	V
R_a	7	kOhm	Kapazitäten Pentode		
N_{spr}	2,4	W	C_e	9	pF
V	46	fach	C_a	4	pF
$U_{g1} \sim$	3,3	V	$C_{g/a}$	0,45	pF

Die Röhre ECL 81 enthält in einem Glaskolben ein Triodensystem und ein Endpentodensystem mit gemeinsam benutzter Katode. Das Bremsgitter der Pentode ist innerhalb der Röhre mit der Katode verbunden, die selbst an zwei Sockelstiften herausgeführt ist.

Neben der Anwendung vor allem im Fernsehempfänger kann die Röhre ECL 81 auch als NF-Vorverstärker (Triodensystem) und als NF-Endstufe (Pentodensystem) verwendet werden. Für NF-Schaltungen darf die Röhre nur mit halbautomatischer Gittervorspannung betrieben werden. Man erzeugt diese halbautomatische Gittervorspannung durch Spannungsabfall an Widerständen, die in der Minusleitung der Anodenspannung im Netzteil angeordnet sind. Zur Vermeidung von UKW-Störschwingungen müssen vor dem Steuergitter und dem Schirmgitter Schutzwiderstände von mindestens 1000 Ohm bzw. 300 Ohm geschaltet werden. Zur Vermeidung von Selbsterregung soll bei Ausnutzung der vollen Verstärkung der Röhre die Fassung eine Abschirmung enthalten, die den unteren Teil der Röhre umgibt und an Masse liegen muß. Bei 200 Volt Anodenspannung läßt sich eine Sprechleistung von etwa 2,5 W erzielen.

Bild 27 zeigt die Anwendung der Röhre ECL 81 als Einröhren-NF-Verstärker in einem Phonokoffer (Plattenspieler mit Verstärker). Dem Steuergitter des Triodensystems wird von der Sekundärseite eine frequenzabhängige Gegenkopplungsspannung zugeführt. Die Einstellung der bevorzugt verstärkten Frequenzen erfolgt durch den Tonblendenregler 1 MOhm log. Die Gittervorspannung für das Steuer-

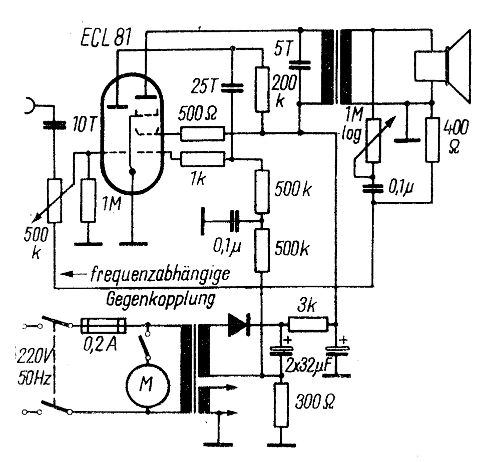


Bild 27. Schaltung des NF-Teils des Phonokoffers „Toscana" der Fa. K. Ehrlich

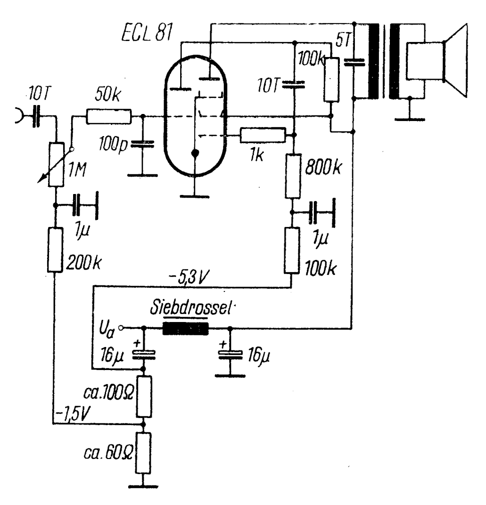
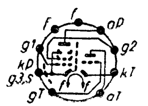


Bild 28. NF-Endstufe für einen Wechselstromempfänger

gitter der Endpentode wird halbautomatisch durch den Widerstand von 300 Ohm in der Minusleitung des Netzteiles erzeugt.

Eine Anwendung der Röhre ECL 81 als NF-Vorverstärker und NF-Endverstärker eines Rundfunkempfängers zeigt Bild 28. Sowohl die Gittervorspannung des Triodensystems als auch die des Pentodensystems wird durch Widerstände in der Minusleitung des Netzteiles erzeugt. Beide Gittervorspannungen werden durch besondere Siebglieder von den noch vorhandenen Wechselspannungsresten befreit. Die erzielbare Ausgangsleistung ist etwa 2 W.

2.13 Triode-Endpentode ECL 82



Heizspannung	6,3	V
Heizstrom	780	mA

Betriebswerte Triode

U_a	100	V
U_g	0	V
I_a	3,5	mA
S	2,5	mA/V
D	1,4	Proz.
μ	70	
R_i	28	kOhm
R_a	200	kOhm
V	52	fach
R_g	0,7	MOhm

Betriebwerte Pentode

U_a	200	V
U_{g2}	200	V
U_{g1}	–16	V
I_a	35	mA
I_{g2}	7	mA
S	6,4	mA/V
R_i	20	kOhm
R_a	5,6	kOhm
N_{spr}	3,5	W
$U_g \sim$	6,6	V

Grenzwerte Triode

U_{ao}	550	V
U_a	300	V
N_a	1	W
I_k	15	mA
$U_{f/k}$	100	V
$R_{f/k}$	20	kOhm

Kapazitäten Triode

C_e	2,7	pF
C_a	4	pF
$C_{g/a}$	4,5	pF

Grenzwerte Pentode

U_{ao}	900	V
U_a	600	V
N_a	7	W
U_{g2}	300	V
N_{g2}	3,2	W
I_k	50	mA

Kapazitäten Pentode

C_e	9,3	pF
C_a	8	pF
$C_{g/a}$	0,3	pF

Das Triodensystem und das Pentodensystem der Röhre ECL 82 sind völlig getrennt voneinander aufgebaut. Jedes Röhrensystem enthält daher eine eigene Katode. Die Abschirmung und das Bremsgitter sind mit der Katode des Pentodensystems innerhalb des Röhrenkolbens verbunden. Da getrennte Katoden verwendet werden, braucht die Gittervorspannung nicht halbautomatisch erzeugt zu werden. Für beide Systeme kann die Gittervorspannung durch Spannungsabfall an einem Katodenwiderstand gewonnen werden. Für das Triodensystem ist es möglich, die Gittervorspannung durch den Anlaufstrom an einem hohen Gitterableitungswiderstand zu gewinnen. Eine bewährte Größe für diesen Widerstand ist 20 MOhm. In einer Eintaktschaltung erhält man mit einer Anodenspannung von etwa 200 V eine Sprechleistung von etwa 3,5 W. Auch in einer Gegentaktschaltung ist die Röhre ECL 82 brauchbar. Die beiden Triodensysteme können dabei als NF-Vorverstärker und als Phasenumkehrschaltung geschaltet werden. Die erzielbare Sprechleistung liegt bei einer Anodenspannung von etwa 200 V bei 9 W. Diese erzielbare Sprechleistung liegt damit zwischen den Werten einer Gegentaktschaltung mit den Röhren EL 95 (etwa 7 W) und EL 84 (etwa 11 W).

Eine von der Firma Valvo angegebene Gegentaktschaltung in AB-Betrieb zeigt Bild 29. Das erste Triodensystem arbeitet als NF-Vorverstärker und das zweite als Phasenumkehrröhre in Katodyn-Schaltung. Für beide Triodensysteme wird die Gittervorspannung durch den Anlaufstrom des Gitters erzeugt. Da das erste Triodensystem bei einem Außenwiderstand von 200 kOhm eine ungefähr 50fache Verstärkung hat, ist eine Gegenkopplung angebracht. Die frequenzabhängige Gegenkopplungsspannung (Höhenanhebung) wird von der Sekundärseite des Ausgangstrafos der Katode des ersten Triodensystems zugeführt. Die Phasenumkehrröhre besitzt in der Katode und Anode gleich große Widerstände und arbeitet mit einem Verstärkungsfaktor von nahezu 1. Die Gittervorspannung für die Endröhren wird durch den gemeinsamen, kapazitiv überbrückten Katodenwiderstand erzeugt. Die Ausgangsleistung von etwa 9 W weist einen Klirrfaktor von etwa 2,5 Prozent auf.

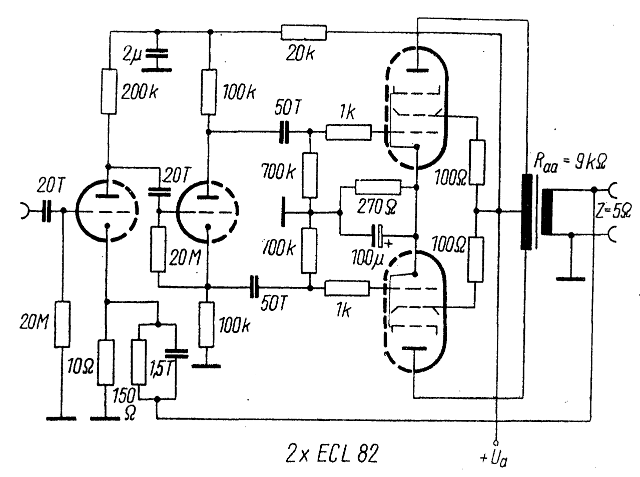
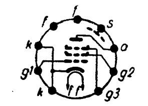


Bild 29. NF-Gegentaktverstärker mit zwei Röhren ECL 82, Ausgangsleistung etwa 9 W (Valvo)

2.14 Steile HF-Pentode EF 80



Heizspannung 6,3 V
Heizstrom 300 mA

Betriebswerte			Grenzwerte		
U_a	250	V	U_{ao}	550	V
U_{g2}	250	V	U_a	300	V
U_{g1}	−3,5	V	N_a	2,5	W
I_a	10	mA	U_{g2}	300	V
I_{g2}	2,8	mA	N_{g2}	0,7	W
S	6,8	mA/V	I_k	15	mA
R_i	650	kOhm	$U_{f/k}$	150	V
R_k	270	Ohm	Kapazitäten		
D_2	2	Prozent	C_e	7,5	pF
r_e	3,75	kOhm	C_a	3,35	pF
$r_ä$	1,2	kOhm	$C_{g/a}$	0,008	pF

Die steile HF-Pentode EF 80 besitzt ein abgeschirmtes Pentodensystem mit besonders guten UKW-Eigenschaften. Die Katode liegt an zwei Sockelstiften, um schaltungsmäßig eine kleine Katodeninduktivität zu erreichen. Das Bremsgitter ist getrennt herausgeführt. Neben der Anwendung in der Fernsehtechnik wurde die Röhre EF 80 in der Entwicklungszeit der UKW-Rundfunktechnik als UKW-Eingangsröhre und als selbstschwingende, additive Mischstufe verwendet. Durch die Entwicklung der modernen HF-Trioden sind diese Anwendungsgebiete aber heute überholt. Im UKW-ZF-Verstärker kann man die Röhre EF 80 verwenden. Infolge der großen Steilheit der Röhre EF 80 besteht aber bei nicht sorgfältigem Aufbau leicht die Gefahr der Selbsterregung. Die Anwendung der mittelsteilen Regelpentode EF 89 (s. dort) ist daher eher zu empfehlen.

Bild 30 zeigt eine Anwendung der Röhre EF 80 im ZF-

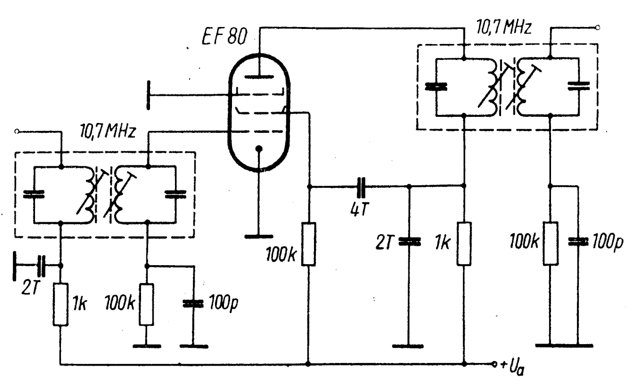


Bild 30. ZF-Verstärkerstufe für einen UKW-Empfänger

Verstärker eines UKW-Supervorsatzes. Um ohne eine Katodenkombination auszukommen, wurde der Schirmgitter-Vorwiderstand mit 100 kOhm bemessen. Bei 200 V Betriebsspannung beträgt dann die am Schirmgitter liegende Spannung etwa 55 V. Um eine Selbsterregung zu verhindern, liegt im Schirmgitter ein kapazitiver Spannungsteiler

4 TpF + 2 TpF, der eine Neutralisation bewirkt. Bei starken Signalen wird eine zusätzliche Begrenzung durch die RC-Kombination (100 kOhm/100 pF) im Gitterkreis erreicht. Für einen 9-Kreis-UKW-Super wird eine derartige ZF-Stufe benötigt, bei 11 Kreisen zwei und bei 13 Kreisen drei derartige ZF-Stufen.

Eine Audionschaltung mit der Röhre EF 80 für einen KW-Empfänger zeigt Bild 31. Die Rückkopplung erfolgt in der

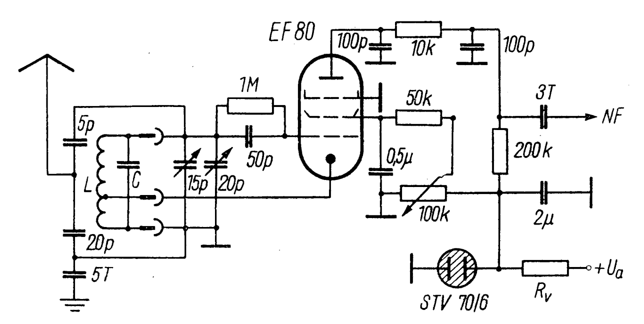
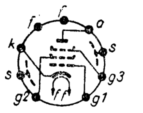


Bild 31. Audionschaltung für einen KW-Geradeausempfänger (Telefunken)

ECO-Schaltung, bei der die Katode an einer Anzapfung der Schwingkreisspule liegt und das Bremsgitter besonders geerdet wird. Die Regelung der Rückkopplung erfolgt durch Ändern der Schirmgitterspannung. Um ein stabiles Arbeiten zu gewährleisten, wird die Anoden- und die Schirmgitterspannung mit Hilfe des Stabilisators STV 70/6 stabilisiert. Zur Unterdrückung von HF-Resten wurde an der Anode ein Siebglied (10 kOhm, 2 · 100 pF) angeordnet. Die NF-Spannung wird über den Kondensator von 3 TpF am Anodenwiderstand abgenommen.

2.15 Regelbare NF-Pentode EF 83

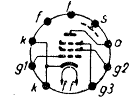


Heizspannung	6,3 V
Heizstrom	200 mA

Betriebswerte			Grenzwerte		
U_a	250	V	U_{ao}	550	V
U_{g2}	50	V	U_a	300	V
U_{g1}	–1,6	V	N_a	1,0	W
I_a	4	mA	U_{g2}	300	V
I_{g2}	1,15	mA	N_{g2}	0,2	W
S	1,6	mA/V	I_k	6	mA
R_i	1,6	MOhm	$U_{f/k}$	100	V
R_a	100	kOhm	Kapazitäten		
R_{g2}	400	kOhm	C_e	4	pF
R_{g1}	3	MOhm	C_a	5	pF
V	105	fach	$C_{g/a}$	0,05	pF

Da bisher eine regelbare NF-Pentode in kling- und brummarmer Ausführung fehlte, wurde aus der Röhre EF 86 (s. dort) die Röhre EF 83 entwickelt. An die Regeleigenschaften einer NF-Röhre müssen besonders hohe Anforderungen gestellt werden, weil sich sonst ein zu hoher Klirrfaktor ergibt, der die Wiedergabequalität wesentlich verschlechtert. Es mußte daher ein Kompromiß geschaffen werden zwischen Regelbarkeit, maximaler und minimaler Verstärkung sowie Klirrfaktor. Bei einer Ausgangs-Wechselspannung von etwa 8 V ist der Klirrfaktor ungefähr 3 Prozent. Der Verstärkungsfaktor ändert sich zwischen 105 und 16 bei einer Gittervorspannungsänderung von –1 V bis –20 V. Die regelbare NF-Pentode EF 83 kann zur Vorwärtsregelung im Rundfunkempfänger verwendet werden, um zu verhindern, daß infolge Schwunderscheinungen am Lautsprecher Pegelschwankungen auftreten. Durch die automatische Lautstärkeregelung wird die eingestellte Lautstärke weitestgehend konstant gehalten.

2.16 Steile Regelpentode EF 85



Heizspannung 6,3 V
Heizstrom 300 mA

Betriebswerte			Grenzwerte		
U_a	250	V	U_{ao}	550	V
U_{g2}	100	V	U_a	300	V

U_{g1}	–2	V	N_a	2,5	W
I_a	10	mA	U_{g2}	300	V
I_{g2}	2,5	mA	N_{g2}	0,65	W
S	6	mA/V	I_k	15	mA
R_i	500	kOhm	$U_{f/k}$	150	V
R_k	180	Ohm		Kapazitäten	
R_{g2}	80	kOhm	C_e	7,2	pF
r_e	3	kOhm	C_a	3,7	pF
$r_ä$	1,5	kOhm	$C_{g/a}$	0,008	pF

Die Röhre EF 85 ist eine steile, rauscharme Regelpentode für eine geregelte HF- oder ZF-Verstärkung in kombinierten AM/FM-Empfängern. Sie besitzt den gleichen Aufbau wie die Röhre EF 80. Die gleitende Schirmgitterspannung kann durch einen gemeinsamen Schirmgitter-Vorwiderstand mit der Röhre ECH 81 oder durch einen eigenen Schirmgitter-Vorwiderstand erzeugt werden. Der Regelbereich ist 1 : 100. Die mittelsteile Regelpentode EF 89 hat heute die Röhre EF 85 fast verdrängt. Eine weitere Anwendung der Röhre EF 85 besteht in der Schaltung als rauscharme multiplikative oder additive Mischröhre in Verbindung mit einer Röhre EC 92 als Oszillatorröhre. Bei der additiven Mischung werden Eingangsspannung und Oszillatorspannung gemeinsam dem Steuergitter zugeführt. Soll eine multiplikative Mischung vorgenommen werden, so wird die Eingangsspannung dem Steuergitter und die Oszillatorspannung dem Bremsgitter zugeführt.

Eine Anwendung als ZF-Röhre in einem AM/FM-Empfänger zeigt Bild 32. Bei AM-Empfang ist die Röhre geregelt, während bei FM-Empfang die Regelleitung mit dem Schalterkontakt a kurzgeschlossen wird. Bei FM-Empfang erhält zur Unterstützung der Amplitudenbegrenzung das Bremsgitter eine negative Regelspannung vom Ratio-Detektor, die gleichzeitig zur Steuerung des magischen Auges herangezogen wird. Bei AM-Empfang liegt das magische Auge über dem Schaltkontakt b an der Regelleitung des AM-Kanals.

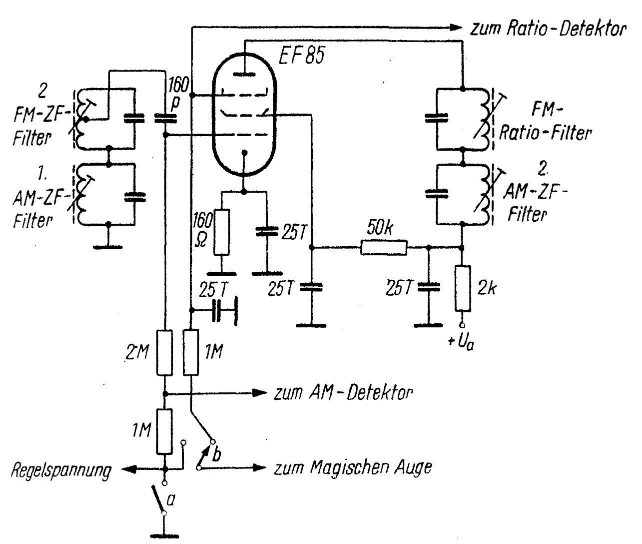


Bild 32. Schaltung einer AM/FM-ZF-Stufe mit der Röhre EF 85 („Traviata 8 E 151 A" VEB Stern-Radio Staßfurt)

2.17 Brumm- und klingarme NF-Pentode EF 86

Heizspannung	6,3	V
Heizstrom	200	mA

Betriebswerte		
U_a	250	V
U_{g2}	140	V
U_{g1}	−2	V
I_a	3	mA
I_{g2}	0,5	mA
S	2	mA/V
R_i	2,5	MOhm
D_2	2,65	Prozent
R_k	1,5	kOhm

Grenzwerte		
U_{a0}	550	V
U_a	300	V
N_a	1	W
U_{g2}	200	V
N_{g2}	0,2	W
I_k	6	mA
$U_{f/k}$	50	V
Kapazitäten		
C_e	4	pF

R_a	200	kOhm	C_a	5,2	pF
μ	175		$C_{g/a}$	0,05	pF

Vor allem für die Eingangsschaltung von Niederfrequenzverstärkern wird eine brumm- und klingarme Pentode benötigt. Aus diesem Grund wurde die Röhre EF 86 entwickelt, die ein kurzes, robust aufgebautes Pentodensystem besitzt, das durch Erschütterungen oder akustische Beeinflussung kein Klingen erzeugt. Besonderer Wert wurde bei der Entwicklung auf die Brummfreiheit gelegt. Das Bremsgitter ist getrennt herausgeführt und die Abschirmung an zwei Sockelstifte gelegt. Besondere Maßnahmen gegen Brumm- und Klingerscheinungen sind nicht erforderlich, wenn bei NF-Verstärkern die maximale Leistung mit einer Gitterwechselspannung von $\geqq 5$ mV erreicht wird. Der Gitterableitwiderstand soll dabei $\leqq 1$ MOhm sein.

Bild 33 zeigt die Anwendung der Röhre EF 86 als RC-

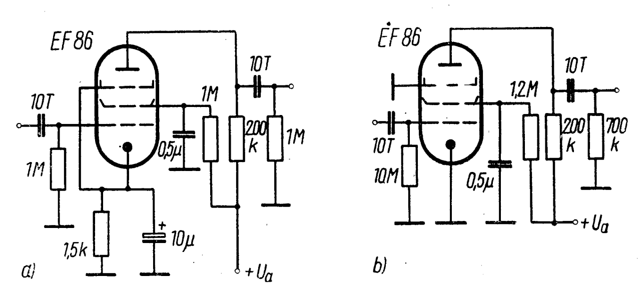


Bild 33. Schaltung der Röhre EF 86 als RC-gekoppelte NF-Röhre
a) Gittervorspannung durch Katodenkombination
b) Gittervorspannung durch Gitteranlaufstrom

gekoppelte NF-Vorverstärkerröhre. In Bild 33a wird die Gittervorspannung durch eine Katodenkombination erzeugt, während in Bild 33b die Gittervorspannung durch den Gitteranlaufstrom an einem hohen Gitterableitwiderstand erzeugt wird. Mit den in Bild 33a angegebenen Werten der Schaltelemente erreicht man bei einer Anodenspannung

von 250 V einen Verstärkungsfaktor von etwa 175. Der Klirrfaktor liegt bei kleiner Aussteuerung unter 1 Prozent. Die Schaltung nach Bild 33b ergibt unter den gleichen Bedingungen einen Verstärkungsfaktor von etwa 190.

Die Röhre EF 86 wird vor allem als Mikrofon-Vorverstärkerröhre eingesetzt. Bild 34 zeigt die Eingangsschaltung für

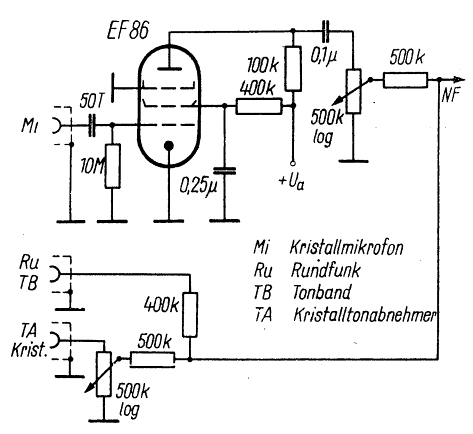


Bild 34. 3-Kanal-Misch-Vorverstärkerstufe (Philips)

einen Mischverstärker. Für den Mikrofonkanal wird die Röhre EF 86 als Vorverstärker verwendet. Die Gittervorspannung wird durch den Anlaufstrom erzeugt. Eine Regelung der Lautstärke der Mikrofonübertragung erfolgt nach der Verstärkerstufe durch den Regler 500 kOhm. Für einen Plattenspieler mit Kristalltonarm ist ein weiterer, regelbarer Eingang vorhanden. Der dritte Kanal dient für den Anschluß entweder des Rundfunkempfängers oder eines Tonbandgerätes. In diesem Fall wird die Lautstärke an den Tonspannungsquellen selbst geregelt.

In Bild 35 wird die Schaltung für einen kleinen HiFi-Verstärker für eine Ausgangsleistung von etwa 3 W gezeigt. Als Besonderheit arbeitet hier die Röhre EF 86 in der

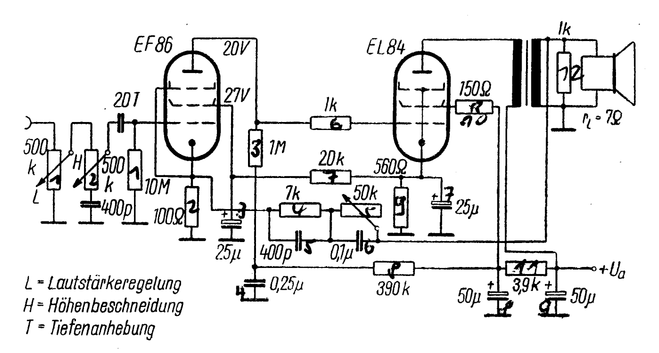
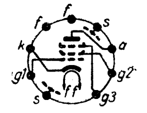


Bild 35. 3-W-HiFi-Verstärker mit Röhre EF 86 als direkt gekoppelter, stromarmer Pentode (Philips)

„stromarmen" Schaltung, die eine zwei- bis dreimal so große Verstärkung ergibt, wie sie in normaler Schaltung erzielt wird. Diese Schaltungsart ist gekennzeichnet durch die Gleichstromkopplung zwischen Vorröhre und Endröhre, den hohen Außenwiderstand der Vorröhre und die Abnahme der Schirmgittervorspannung der Vorröhre von der Katode der Endröhre. Bei Nullstellung der Klangregler besitzt der Frequenzbereich von 20 Hz bis 40 kHz einen maximalen Abfall von 1 dB. Die Höhenbeschneidung erfolgt im Eingang und besitzt im Endzustand 20 dB Abfall bei 10 kHz. Die Tiefenanhebung erfolgt durch eine frequenzabhängige Gegenkopplung von der Sekundärseite des Ausgangstrafos zur Katode der Vorröhre, sie besitzt eine maximale Anhebung von 15 dB bei 70 Hz.

2.18 Mittelsteile Regelpentode EF 89



Heizspannung 6,3 V
Heizstrom 200 mA

Betriebswerte			Grenzwerte		
U_a	250	V	U_{ao}	550	V
U_{g2}	100	V	U_a	300	V
U_{g1}	−2	V	N_a	2,25	W

I_a	9 mA	U_{g2}	300 V
I_{g2}	3 mA	N_{g2}	0,45 W
S	3,6 mA/V	I_k	16,5 mA
R_i	1 MOhm	$U_{f/k}$	100 V
R_k	160 Ohm	Kapazitäten	
D_2	5,3 Prozent	C_e	5,5 pF
r_e	3,75 kOhm	C_a	5,1 pF
$r_ä$	4,2 kOhm	$C_{g/a}$	0,003 pF

Die Röhre EF 89 wird heute ausschließlich an Stelle der Röhre EF 85 verwendet, da sie infolge der geringen Gitter-Anodenkapazität nicht so leicht zur Selbsterregung neigt. Durch ein günstiges S/C-Verhältnis erreicht man trotz der geringen Steilheit der Röhre EF 89 eine ebenso hohe Verstärkung wie mit der Röhre EF 85. Höhere Verstärkungen sind nur durch eine Neutralisation zu erreichen, die immer ihre Tücken hat. Die Röhre EF 89 hat ein getrennt herausgeführtes Bremsgitter, und die Abschirmung ist an zwei Sockelstiften herausgeführt. Die mittelsteile Regelpentode EF 89 kann in HF- und ZF-Verstärkerstufen eingesetzt werden. Wird sie als NF-Röhre geschaltet, so muß man sie ungeregelt verwenden, da bei einer Regelung der Klirrfaktor infolge der für NF-Zwecke ungeeigneten Regelkennlinie unzulässig groß wird.
Eine AM/FM-ZF-Stufe zeigt Bild 36. Bei AM-Empfang wird die Röhre EF 89 geregelt. Eine einfache Neutralisation erfolgt durch den kapazitiven Spannungsteiler 10 TpF/5 TpF. Soll die Röhre EF 89 als letzte ZF-Röhre zur Amplitudenbegrenzung eingesetzt werden, so wird die Schirmgitterspannung herabgesetzt und die Röhre ohne Katodenkombination betrieben.
Die HF-Vorstufe eines KW-Empfängers zeigt Bild 37. Über den Gitterableitwiderstand von 1 MOhm wird zur automatischen Regelung die Regelspannung zugeführt. Mit dem Regler 10 kOhm kann die Verstärkung der HF-Vorstufe variiert werden. Den Außenwiderstand der HF-Röhre bildet der auf die Eingangsfrequenz abgestimmte Zwischenkreis, auf den die Misch-Oszillator-Stufe mit der Röhre ECH 81 folgt.

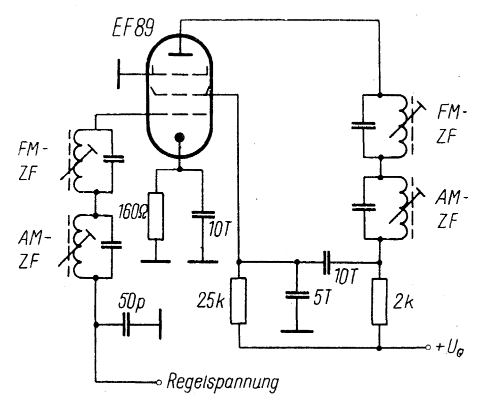


Bild 36. AM/FM-ZF-Stufe mit der Regelpentode EF 89 („Olympia 571 W" VEB Sachsenwerk Niedersedlitz)

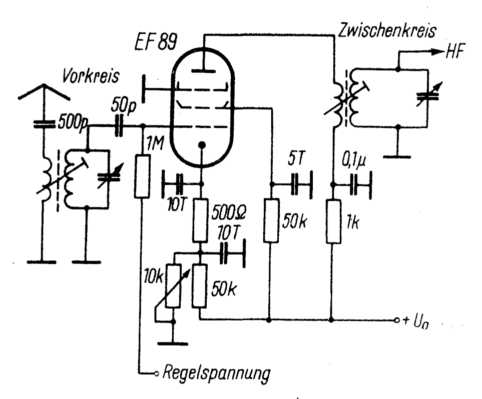


Bild 37. HF-Vorstufe mit Regelpentode EF 89 für einen KW-Empfänger

Auch zur additiven Mischung kann die Röhre EF 89 eingesetzt werden. Bild 38 zeigt eine derartige Mischschaltung, bei der als Oszillatorröhre eine Triode EC 92 verwendet wird. Die Oszillatorschaltung schwingt in ECO-Rückkopplung.

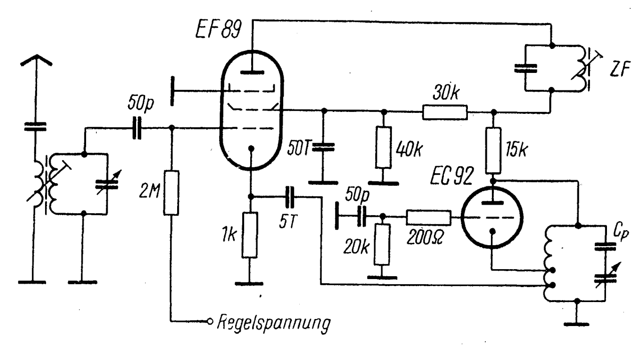
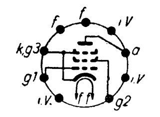


Bild 38. Schaltung der Röhre EF 89 als additive Mischstufe

Die Oszillatorspannung wird in die Katode eingespeist, während die Eingangsspannung dem Steuergitter zugeführt wird. Im KW-Bereich ist zur Verhinderung der Frequenzverwerfung des Oszillators eine Pufferstufe zu empfehlen. Die Schaltung arbeitet sehr rauscharm und ist im Aufbau unkritisch.

2.19 Endpentode EL 84



Heizspannung 6,3 V
Heizstrom 760 mA

Betriebswerte	
U_a	250 V
U_{g2}	250 V
U_{g1}	–7,5 V
I_a	48 mA
I_{g2}	5,5 mA
S	11 mA/V
R_i	30 kOhm
R_a	5,5 kOhm
N_{spr}	5,3 W
R_k	140 Ohm
$U_{g\sim}$	4,3 V

Grenzwerte	
U_{ao}	550 V
U_a	300 V
N_a	12 W
U_{g2}	300 V
N_{g2}	1,5 W
I_k	75 mA
$U_{f/k}$	50 V

Kapazitäten	
C_e	11 pF
C_a	6 pF
$C_{g/a}$	0,7 pF

Die Endpentode EL 84 ist eine Miniaturröhre mit 9 Sockelstiften. Das Bremsgitter ist innerhalb des Röhrenkolbens mit der Katode verbunden. Bei normaler Betriebseinstellung in A-Betrieb und unter voller Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Anodenverlustleistung von 12 W wird bei einem Klirrfaktor von 10 Prozent eine Nutzleistung von 5,7 W abgegeben. Wird durch eine höhere Gittervorspannung die Anodenverlustleistung auf 9 W begrenzt, so ist die abgegebene Nutzleistung 4,3 W. Diese Leistung reicht in den meisten Fällen für Rundfunkempfänger vollständig aus. Bei Verwendung von zwei Röhren in Gegentaktschaltung in AB-Betrieb erreicht man bei einer Anodenspannung von 250 V eine Nutzleistung von 11 W. Der Klirrfaktor beträgt hierbei etwa 4 Prozent. Die Röhrenbelastung liegt bei diesen Betriebswerten wesentlich unter den maximalen Grenzwerten. Bei voller Ausnutzung der zulässigen Grenzwerte gibt die Gegentaktschaltung in AB-Betrieb 16 W ab.

Bild 39 zeigt den vereinfachten NF-Teil des UKW-Empfängers

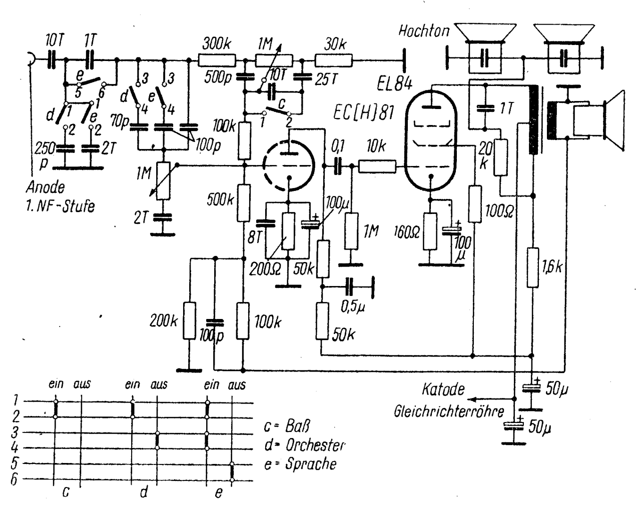


Bild 39. Vereinfachter NF-Teil des UKW-Empfängers Rema „Tenor II"

„Tenor II" der Firma Rema. Vor der gezeigten Schaltung liegt noch das Triodensystem der Röhre EABC 80 mit der Lautstärkeregelung. Die Klangbeeinflussung erfolgt durch ein regelbares und schaltbares frequenzabhängiges Netzwerk zwischen den Triodensystemen der Röhren EABC 80 und ECH 81. Das Netzwerk selbst besteht aus der Hochton-, der Tieftonblende und dem dreiteiligen Klangregister mit den drei Tasten „Baß", „Orchester" und „Sprache". Drückt man gleichzeitig die Orchester- und die Sprachtaste, so ergibt sich ein für Jazzwiedergabe geeignetes Klangbild. Eine weitgehend frequenzunabhängige Gegenkopplung erfolgt von der Sekundärwicklung des Ausgangstransformators zum Gitter des Triodensystems der Röhre ECH 81. Für die Hochtonwiedergabe stehen zwei Kondensator-Hochtonlautsprecher zur Verfügung. Ein Teil der Primärwicklung des Ausgangstransformators wird als Siebdrossel verwendet.

Eine Gegentaktschaltung mit zwei Röhren EL 84 in AB-Betrieb zeigt Bild 40. Zur Vermeidung von UKW-Störschwingungen

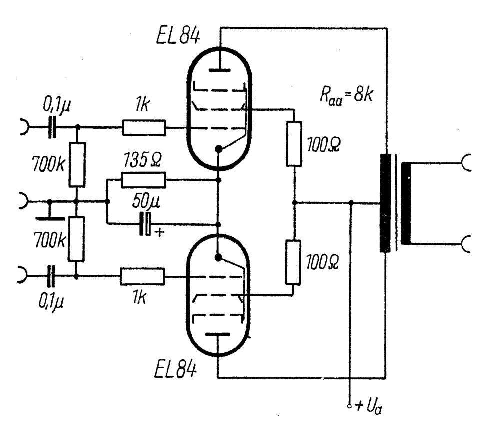


Bild 40. Gegentaktschaltung mit zwei Röhren EL 84 in AB-Betrieb, Nutzleistung etwa 10 W

sind vor den Steuergittern und den Schirmgittern Schutzwiderstände angeordnet. Die Erzeugung der Gittervorspan-

nung erfolgt durch einen gemeinsamen Katodenwiderstand. Vor der Gegentaktschaltung wird eine Phasenumkehrröhre angeordnet.

Die oft wegen ihrer Vorzüge verwendete Gegentaktschaltung in Ultra-Linear-Schaltung zeigt Bild 41. Bei dieser Schaltungs-

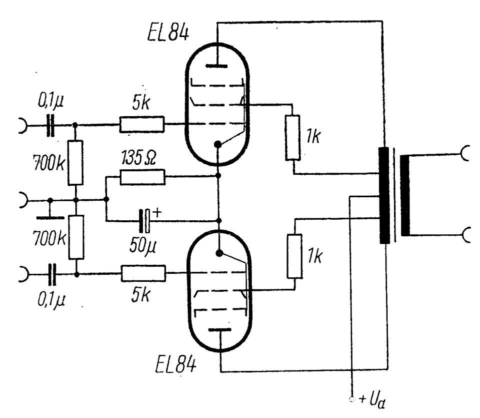
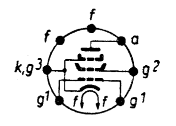


Bild 41. Gegentaktschaltung mit zwei Röhren EL 84 in Ultra-Linear-Schaltung

art liegen die beiden Schirmgitter jeweils an einer Anzapfung der Primärspule des Ausgangstransformators, während die Anodenspannung in der Spulenmitte zugeführt wird. Es tritt eine Schirmgitter-Gegenkopplung auf, die den Pentoden-Endstufen Triodeneigenschaften verleiht. Dadurch treten bei einem hohen Wirkungsgrad geringe Verzerrungen und ein kleinerer Innenwiderstand auf. Die Nutzleistung geht jedoch entsprechend dem Anzapfungsverhältnis zurück. Als günstig hat sich eine Anzapfung bei 20 Prozent der Wicklung erwiesen. Die Nutzleistung geht um etwa 20 Prozent zurück, der Klirrfaktor aber um 40 bis 50 Prozent.

2.20 Endpentode EL 95



Heizspannung 6,3 V
Heizstrom 200 mA

Betriebswerte			Grenzwerte		
U_a	250	V	U_{ao}	550	V
U_{g2}	250	V	U_a	300	V
U_{g1}	–9	V	N_a	6	W
I_a	24	mA	U_{g2}	300	V
I_{g2}	4,5	mA	N_{g2}	1,25	W
S	5	mA/V	I_k	35	mA
R_i	80	kOhm	$U_{f/k}$	100	V
R_a	10	kOhm	Kapazitäten		
N_{spr}	3	W	C_e	5,3	pF
R_k	320	Ohm	C_a	3	pF
$U_g \sim$	5	V	$C_{g/a}$	0,4	pF

Für viele Fälle, vor allem bei kleineren Rundfunkempfängern, ist die Nutzleistung der Röhre EL 84 zu groß. Es genügt, dafür eine Endpentode mit geringerer Leistung und sparsamem Stromverbrauch zu verwenden. Für dieses Anwendungsgebiet wurde die Röhre EL 95 geschaffen. Die Röhre EL 95 ist eine Miniaturröhre mit Preßglassockel und nur sieben Sockelstiften. Das Bremsgitter ist innerhalb des Röhrenkolbens mit der Katode verbunden. Bei einer Heizspannung von 6,3 V beträgt der Heizstrom nur 200 mA. In Eintaktschaltung gibt sie etwa 3 W Nutzleistung ab. Die Anodenverlustleistung beträgt 6 W. In einer Gegentaktschaltung in AB-Betrieb läßt sich bei einer Anodenspannung von 250 V eine Nutzleistung von 7 W erreichen.

Bild 42 zeigt die Anwendung der Röhre EL 95 als Endstufe eines NF-Verstärkers. Die Schaltung weist keine Besonderheiten auf. Durch den sparsamen Stromverbrauch ist die Röhre EL 95 vor allem geeignet für Tonbandgeräte, Autosuper, transportable Kleinverstärker und Zweitempfänger.

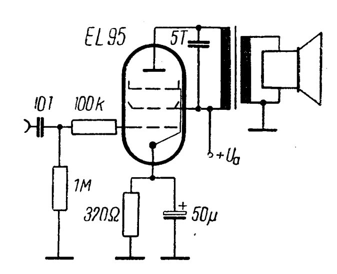
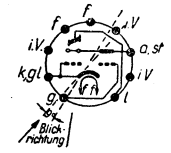


Bild 42. NF-Endverstärker in Eintaktschaltung mit der Röhre EL 95



2.21 Abstimmanzeigerröhre EM 80

Heizspannung 6,3 V
Heizstrom 300 mA

Betriebswerte					Grenzwerte		
U_a			250	V	U_{ao}	550	V
U_l			250	V	U_a	300	V
R_a			0,5	MOhm	N_a	0,2	W
R_g			3	MOhm	R_g	3	MOhm
U_g	0	bis	18	V	I_k	4	mA
I_a	0,4	bis	0,05	mA	U_{max}	300	V
I_l	0,85	bis	1,6	mA	U_{min}	150	V
α*)	5	bis	53	°	$U_{f/k}$	100	V

Die Abstimmanzeigeröhre EM 80 ist auch unter dem Namen „magischer Fächer" bekanntgeworden. Sie dient zur Abstimmanzeige in Rundfunkempfängern oder zur Aussteuerungsanzeige in Tonbandgeräten und in Meßgeräten. Die Röhre EM 80 ist eine Miniaturröhre mit neun Sockelstiften. Sie besteht aus einem Trioden- und einem Anzeigesystem. Die Anode der Triode ist mit zwei Stegen verbunden, die zur Steuerung des Anzeigesystems dienen. Der muschelförmige Leuchtschirm steht senkrecht. Zur Verringerung des Leuchtschirmstromes ist ein mit der Katode verbundenes Raum-

*) Leuchtwinkel

ladegitter eingebaut. Mit Hilfe des eingebauten Triodensystems wird das Anzeigesystem gesteuert. Die zwei Stege des Anzeigesystems werfen je nach der negativen Vorspannung (Regelspannung) des Triodengitters zwei entsprechend breite Schattenwinkel auf den Leuchtschirm. Je größer die negative Vorspannung ist, um so kleiner werden die beiden Schattenwinkel und um so größer der dazwischenliegende Leuchtwinkel (siehe Bild 43).

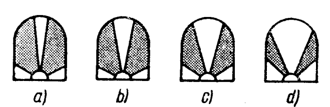


Bild 43. Stellung der Schattenwinkel bei verschiedenen Sender-Feldstärken; a) kein Sender, b) schwacher Fernsender, c) starker Fernsender, d) Ortssender

Die Schaltung der Abstimmanzeigeröhre für AM- bzw. FM-Empfang zeigt Bild 44. Bei FM-Empfang wird die Regel-

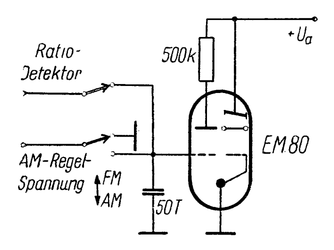
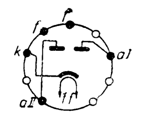


Bild 44. Abstimmanzeige für AM- bzw. FM-Empfang mit der Röhre EM 80

leitung geerdet und vom Verhältnisgleichrichter, vom negativen Ende des Elkos, die Steuerspannung entnommen. Bei AM-Empfang liegt das Triodengitter an der Regelleitung.

2.22 Zweiweg-Gleichrichterröhre EZ 80



Heizspannung 6,3 V
Heizstrom 600 mA

Betriebswerte		Grenzwerte	
U_{Tr}	2 · 300 V	U_{Tr}	2 · 350 V
$I =$	90 mA	$I =$	90 mA
$U =$	310 V	I_{max}	270 mA
C_{max}	50 µF	$U_{f/k}$	500 V

Die Zweiweg-Gleichrichterröhre EZ 80 ist eine Miniaturröhre mit neun Sockelstiften. Da die maximal zulässige Strombelastung 90 mA beträgt, genügt die Röhre EZ 80 zur Deckung des Strombedarfs eines größeren AM/FM-Empfängers mit der Röhre EL 84 in der Endstufe. Zwischen Heizfaden und Katode ist eine Spitzenspannung von 500 V zulässig, so daß die Röhre EZ 80 mit den Heizfäden der Empfängerröhren an einer Heizwicklung liegen kann. Durch die Anheizzeit des indirekt geheizten Katodensystems wird der Ladekondensator langsam aufgeladen, und es genügt deshalb ein Elektrolytkondensator für 400/450 V.

Bild 45 zeigt eine Zweiweg-Gleichrichterschaltung mit der Röhre EZ 80.

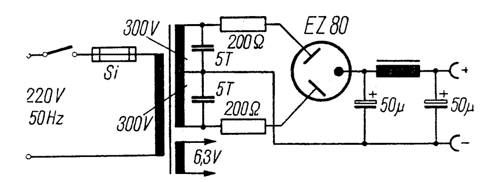
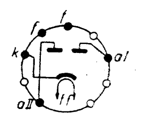


Bild 45. Zweiweg-Gleichrichterschaltung mit Röhre EZ 80

2.23 Zweiweg-Gleichrichterröhre EZ 81



Heizspannung 6,3 V
Heizstrom 1,0 A

Betriebswerte		Grenzwerte	
U_{Tr}	2 · 300 V	U_{Tr}	2 · 350 V
$I =$	150 mA	$I =$	150 mA
$U =$	293 V	I_{max}	450 mA
C_{max}	50 µF	$U_{f/k}$	500 V

Die Zweiweg-Gleichrichterröhre EZ 81 ist in gleicher Weise aufgebaut wie die Röhre EZ 80, es gilt daher das bereits in Abschnitt 2.22 Gesagte. Bei einer Stromentnahme von maximal 150 mA ist die Röhre EZ 81 für Geräte mit höherem Strombedarf geeignet, wie Gegentaktverstärker oder Fernsehempfänger.

3. ALLSTROMRÖHREN

Für die meisten Allstromröhren gelten die gleichen Röhrendaten, wie sie für die gleichen Röhrentypen der Wechselstromröhren bereits angegeben wurden. Lediglich die Allstromröhren UL 84, UY 82 und UY 85 weisen andere Daten auf. Außerdem besitzen die Allstromröhren natürlich andere Heizdaten. Da für alle Allstromröhren der Miniaturserie der Heizstrom einheitlich mit 100 mA festgelegt ist (U-Serie), gibt die folgende Tabelle für die einzelnen Röhrentypen nur die Heizspannung an.

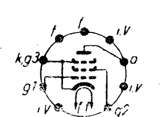
Tabelle der Heizspannungen der Allstromröhren

Röhrentyp	Heizspannung in Volt	Röhrentyp	Heizspannung in Volt
UABC 80	28,5	UF 80	19
UBF 80	19	UF 85	19
UBF 89	19	UF 89	12,6
UC 92	8,7	UL 84	45
UCC 85	23,5	UM 80	18
UCH 81	19	UY 82	55
UCL 81	38	UY 85	38
UCL 82	50		

Um auch bei Allstrombetrieb mit der Röhre UL 84 die gleichen Leistungen wie mit der Röhre EL 84 zu erzielen, aber bei einer Anodenspannung von 170 V, mußte die Allstromausführung konstruktiv geändert werden. Für den Betrieb mit niedriger Anodenspannung mußte der Schirmgitterdurchgriff gegenüber der Röhre EL 84 wesentlich ver-

größert werden. Daraus resultieren andere Röhrendaten für die UL 84. Um auch für Wechselstromschaltungen eine Röhre für niedrige Anodenspannung (170 V) zur Verfügung zu haben, wurde das Röhrensystem der UL 84 mit einem Heizsystem für 6,3 V versehen. Diese Röhre bezeichnete man als EL 86, sie besitzt also die gleichen Röhrendaten wie die Röhre UL 84.

Endpentode UL 84



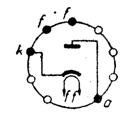
Heizspannung 45 V

Heizstrom 100 mA

Betriebswerte			Grenzwerte		
U_a	170	V	U_{ao}	550	V
U_{g2}	170	V	U_a	250	V
U_{g1}	−12,5	V	N_a	12	W
I_a	70	mA	U_{g2}	200	V
I_{g2}	5	mA	N_{g2}	1,8	W
S	10	mA/V	I_k	100	mA
R_i	23	kOhm	$U_{f/k}$	200	V
R_a	2,4	kOhm	Kapazitäten		
N_{spr}	5,6	W	C_e	12	pF
R_k	170	Ohm	C_a	6	pF
$U_g \sim$	7	V	$C_{g/a}$	0,6	pF

Bei Allstrom-Netzteilen wendet man die Einweg-Gleichrichterschaltung an. Für diese Zwecke wurden die Einweg-Gleichrichterröhren UY 82 und UY 85 als Miniaturröhren mit neun Sockelstiften entwickelt. Auch diese beiden Röhrentypen besitzen eine indirekt geheizte Katode. Während die Einweg-Gleichrichterröhre UY 82 einen maximalen Gleichstrom von 180 mA zuläßt, kann die Röhre UY 85 nur mit einem Gleichstrom von maximal 110 mA belastet werden.

Einweg-Gleichrichter UY 82

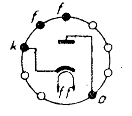


Heizspannung 60 V

Heizstrom 100 mA

Betriebswerte		Grenzwerte	
U_{Tr}	220 V	U_{Tr}	250 V
I =	180 mA	I =	180 mA
U =	195 V	I_{max}	1100 mA
C_{max}	60 µF	$U_{f/k}$	220 V

Einweg-Gleichrichterröhre UY 85



Heizspannung	38 V
Heizstrom	100 mA

Betriebswerte		Grenzwerte	
U_{Tr}	220 V	U_{Tr}	250 V
I =	110 mA	I =	110 mA
U =	215 V	I_{max}	660 mA
C_{max}	100 µF	$U_{f/k}$	220 V

4. KOMPLETTE SCHALTUNGEN MIT MINIATURRÖHREN

4.1 Geradeausempfänger für Allstrom (Bild 46)

Für den Geradeausempfänger in Allstromausführung wird die Röhre UCL 82 und der Einkreisspulensatz ES 2 von Görler verwendet. Damit besitzt der Empfänger folgende Wellenbereiche:

K I	12 bis 26 m
K II	22 bis 52 m
M	190 bis 600 m
L	1000 bis 2000 m

Durch die KW-Spreizung ergibt sich eine fühlbare Erleichterung beim Einstellen eines Senders im KW-Bereich. Die Rückkopplung wird mit dem Differential-Hartpapierdrehkondensator 2 · 200 pF geregelt. Als Abstimmdrehkondensator wird eine normale Ausführung von 500 pF verwendet. Da getrennte Katoden vorhanden sind, wird die Gittervorspannung für die Endpentode durch einen Katodenwiderstand erzeugt. Im Heizkreis liegt zur Stabilisierung ein

Heißleiter. Soll eine zusätzliche Lautstärkeregelung durchgeführt werden, so muß der Gitterableitwiderstand 1 MOhm durch ein Potentiometer ersetzt werden.

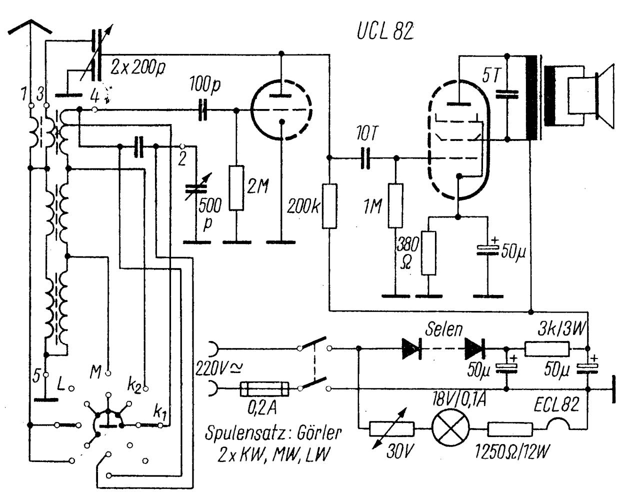


Bild 46. Schaltung eines Einkreis-Empfängers für Allstrom

4.2 Kleinsuper für Allstrom (Bild 47)

Der 6-Kreis-Super „Minorette" ist ein in gedruckter Schaltungstechnik ausgeführter Allstrom-Kleinsuper für den Mittelwellenbereich. Misch- und Oszillatorstufe werden kapazitiv abgestimmt. Zur Verbesserung der Trennschärfe enthalten beide Bandfilter eine Kopplungswicklung. Die Demodulation und die Regelspannungserzeugung erfolgen durch eine Diode gemeinsam. Für den zweistufigen NF-Verstärker wurde die Verbundröhre UCL 81 verwendet. Ein Teil der Primärwicklung des Ausgangstransformators wurde zur Siebung der Gleichspannung herangezogen. Die Gittervorspannung des Endpentodensystems wird halbautomatisch erzeugt. Der vom VEB Funkwerk Dresden hergestellte Kleinsuper kann nur mit einer Netzspannung von 220 V betrieben werden.

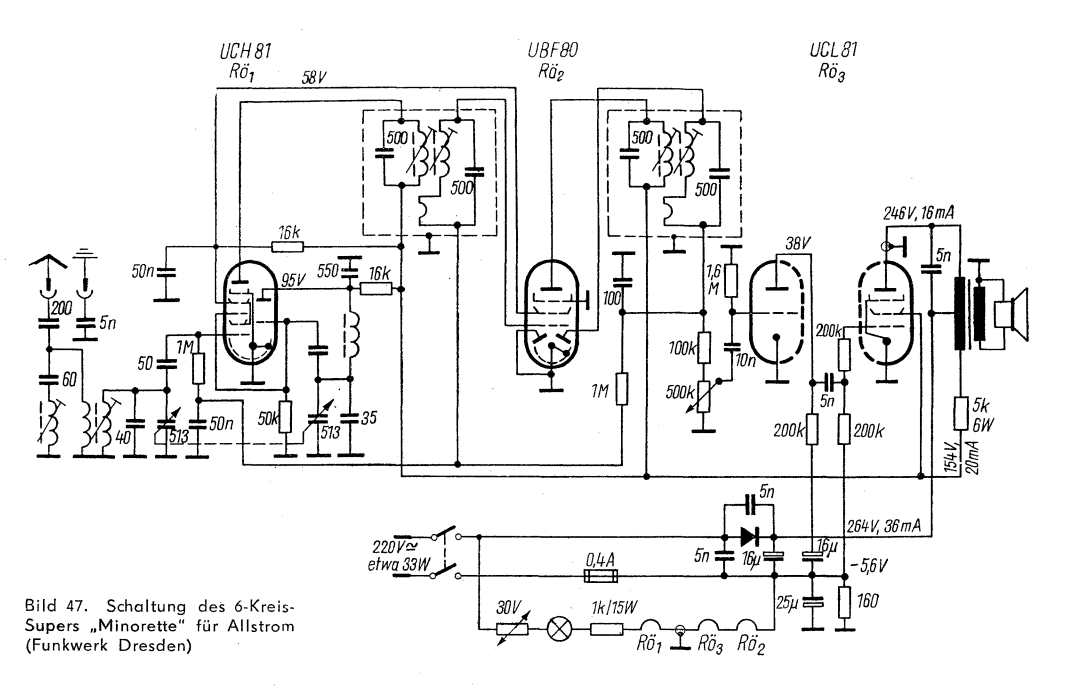


Bild 47. Schaltung des 6-Kreis-Supers „Minorette“ für Allstrom (Funkwerk Dresden)

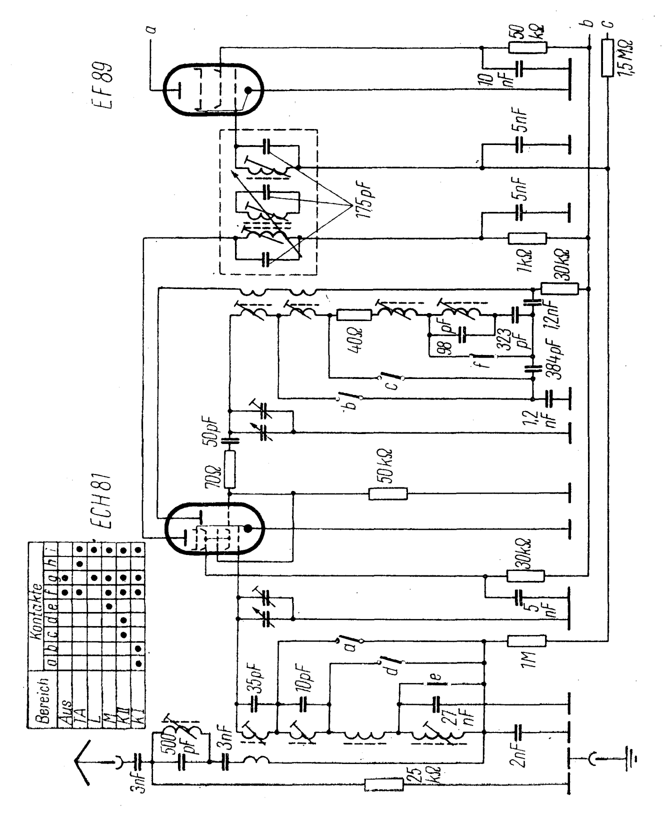

EF 89
ECH 81
a
b
c
50 kΩ
10 nF
5nF
5nF
175pF
1kΩ
30kΩ
1,5 MΩ
1,2nF
323 pF
98 pF
384pF
40Ω
f
c
b
1,2 nF
50pF
70Ω
50 kΩ
30kΩ
5 nF
a
d
e
1M
35pF
10pF
27 nF
2nF
500 pF
3nF
3nF
25 kΩ
Bereich
Kontakte
a b c d e f g h i
Aus
TA
L
M
KII
KI

Bild 48
Schaltung des 7-Kreis-AM-Mittelsupers „Olympia 574 W/2" VEB Sachsenwerk Niedersedlitz

4.3 **AM-Mittelsuper für Wechselstrom** (Bild 48 s. S. 74 und 75)

Diese Schaltung stellt ein Exportmodell des VEB Sachsenwerk Niedersedlitz für den Empfang von AM-Sendungen dar. Der Mittelsuper ist ausgelegt für den Empfang in zwei KW-Bändern, im Mittelwellen- und Langwellenbereich. Zwei regelbare Bandfilter, davon das erste mit drei Kreisen, erfüllen alle Ansprüche an die Empfindlichkeit. Demodulation und Regelspannungserzeugung erfolgen durch getrennte Dioden. Neben gehörrichtiger Lautstärkeregelung besitzt das Gerät getrennte Höhen- und Tiefenregelung, magisches Auge, Hoch- und Tieftonlautsprecher sowie Diodenanschluß für Magnettongeräte.

4.4 **FM-Super für Wechselstrom** (Bild 49)

Grundlage dieser Schaltung für einen 11-Kreis-UKW-Super ist der UKW-Spulensatz SSp 223 von G. Neumann. Der fertig abgeglichene UKW-Eingangsteil ist mit der Röhre ECC 85 bestückt. Die Abstimmung erfolgt induktiv. Der ZF-Verstärker (ZF = 10,7 MHz) ist dreistufig ausgeführt und durch die Kapazitäten 5 TpF/3 TpF neutralisiert. Eine Begrenzerwirkung wird durch die am Gitterkreis liegenden RC-Kombinationen (100 kOhm/100 pF) erreicht. Als FM-Demodulator wird ein Verhältnisgleichrichter verwendet. Zur Abstimmanzeige dient die Abstimmanzeigeröhre EM 80, die ihre Steuerspannung vom Minuspol des 4-μF-Elkos erhält. Für die NF-Verstärkung wird der Triodenteil der Röhre EABC 80 und die Endpentode EL 84 verwendet. Im Gegenkopplungskanal zwischen den Anoden der beiden NF-Röhren liegt ein Klangregelglied. Der Netzteil weist keine Besonderheiten auf.

4.5 **AM/FM-Mittelsuper für Wechselstrom** (Bild 50)

Der kombinierte Mittelsuper „Potsdam" des VEB Stern-Radio Berlin besitzt sechs Kreise bei AM und neun Kreise bei FM. Die Wellenbereiche MW, LW und UKW werden induktiv abgestimmt. Die UKW-Eingangsröhre arbeitet in Zwischenbasisschaltung. Im UKW-Bereich wird das Hep-

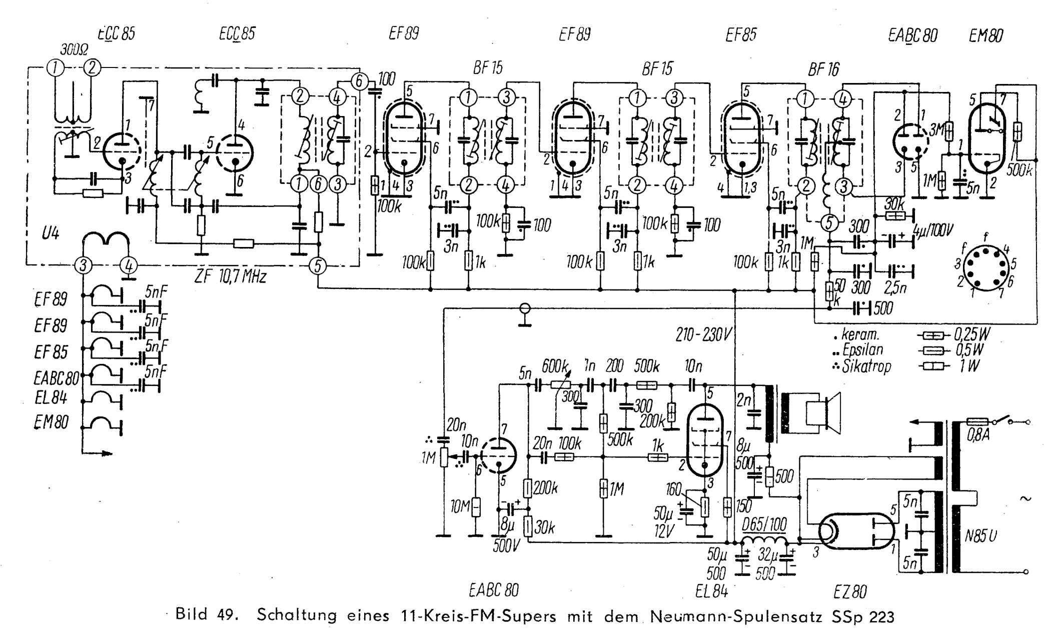
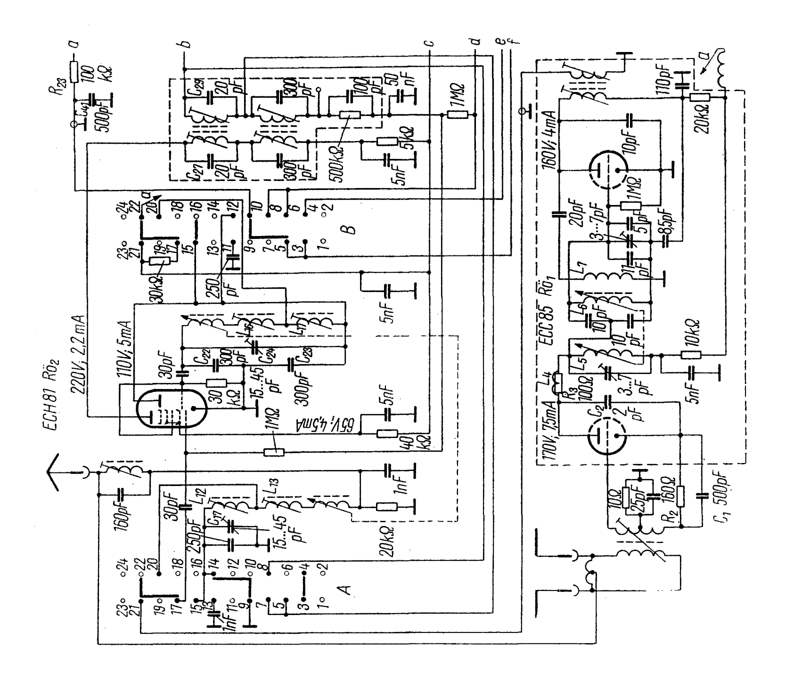


Bild 49. Schaltung eines 11-Kreis-FM-Supers mit dem Neumann-Spulensatz SSp 223


ECH81 Rö2
220V; 2,2mA
110V; 5mA
65V; 4,5mA
ECC85 Rö1
160V; 4mA
170V; 7,5mA
A
B

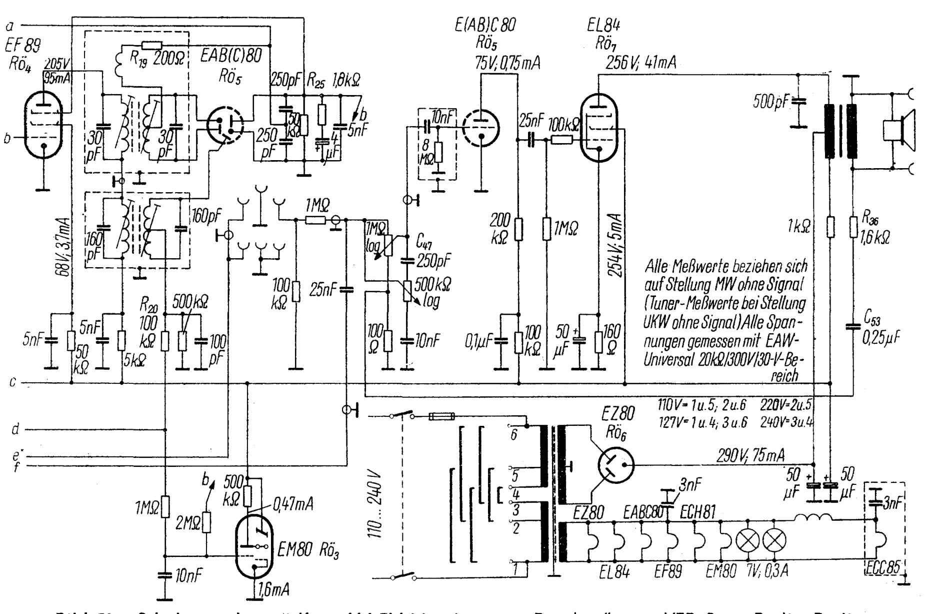


Bild 50. Schaltung des 6/9-Kreis-AM/FM-Mittelsupers „Potsdam" vom VEB Stern-Radio Berlin

todensystem der Röhre ECH 81 als erste ZF-Röhre verwendet. Die Röhre EF 89 arbeitet wahlweise als AM- oder FM-ZF-Röhre. Die FM-Demodulation erfolgt durch einen Verhältnisgleichrichter. Der NF-Verstärker ist zweistufig ausgeführt. Ein Tonblendenregler erlaubt eine Änderung der Klangwiedergabe. Vom Ausgangsübertrager führt eine frequenzabhängige Gegenkopplung zum Fußpunkt des Lautstärkereglers. Als Besonderheiten besitzt der Mittelsuper „Potsdam" ein magisches Auge und einen Diodenanschluß für Magnettongeräte.

4.6 HiFi-Verstärker für Wechselstrom (Bild 51)

Der in der Schaltung gezeigte HiFi-Verstärker besitzt eine Ausgangsleistung von etwa 5 W. Im Eingang liegt der Lautstärkeregler. Auf das erste Triodensystem folgt das Klangregelglied für getrennte Höhen- und Tiefenregelung. Als Endpentode wird die Röhre EL 84 verwendet. Von der Sekundärseite des Ausgangstransformators erfolgt eine

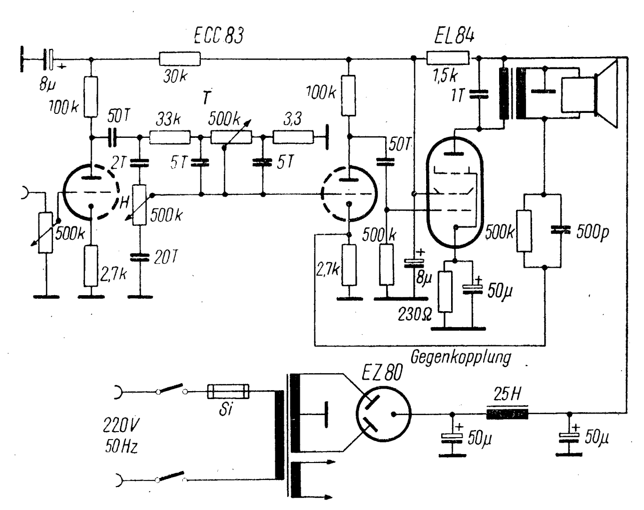


Bild 51. HiFi-Verstärker für 5 W Ausgangsleistung

Gegenkopplung in die Katode des zweiten Triodensystems. Besonderer Wert wird auf eine gute Siebung der benötigten Gleichspannung gelegt.

5. KURZZEICHEN DER RÖHRENDATEN UND IHRE BEDEUTUNG

Die in den Röhrendaten bei den einzelnen Röhrentypen angegebenen Kurzbezeichnungen haben folgende Bedeutung:

Betriebswerte

D	Durchgriff
D_2	Schirmgitterdurchgriff
F_l	Rauschzahl
I_a	Anodenstrom
I_D	Diodengleichstrom
I_g	Gitterstrom
I_{g2}	Schirmgitterstrom
I_l	Leuchtschirmstrom
$I =$	gleichgerichteter Strom
k	Klirrfaktor
N_{spr}	Sprechleistung
R_a	Außenwiderstand (Eintakt)
R_{aa}	Außenwiderstand (Gegentakt)
R_g	Gitterableitwiderstand
R_{g2}	Schirmgittervorwiderstand
R_i	Innenwiderstand
R_k	Katodenwiderstand
$r_ä$	äquivalenter Rauschwiderstand
r_e	Eingangswiderstand
S	Steilheit
S_c	Mischsteilheit
S_{eff}	effektive Steilheit
U_a	Anodenspannung
U_D	Diodenspannung
U_{g1}	Gittervorspannung
U_{g2}	Schirmgitterspannung
$U_g \sim$	Gitterwechselspannung
U_l	Leuchtschirmspannung
U_{osz}	Oszillatorwechselspannung
U_{Tr}	Trafospannung
$U =$	Gleichspannung
V	Verstärkung
α	Leuchtwinkel
μ	Verstärkungsfaktor

Grenzwerte

Symbol	Bedeutung
$I_{D\,max}$	mittlerer Gleichstrom
I_k	Katodenstrom
I_{max}	Anodenspitzenstrom
$I =$	Gleichstrom
i_{max}	Diodenspitzenstrom
N_a	Anodenbelastung
N_{g2}	Schirmgitterbelastung
R_g	Gitterableitwiderstand
$R_{f/k}$	Außenwiderstand zwischen Faden und Katode
U_a	Anodenspannung
U_{ao}	Anodenkaltspannung
$U_{f/k}$	Spannung zwischen Faden und Katode
U_{g2}	Schirmgitterspannung
$U_{l\,max}$	maximale Leuchtschirmspannung
$U_{l\,min}$	minimale Leuchtschirmspannung
U_{sperr}	Sperrspannung
U_{Tr}	Trafospannung

Kapazitäten

Symbol	Bedeutung
C_a	Ausgangskapazität
C_e	Eingangskapazität
$C_{g/a}$	Gitter-Anoden-Kapazität
$C_{g/k}$	Gitter-Katoden-Kapazität
C_{max}	maximaler Ladekondensator

Elektrodenanschlüsse

Symbol	Bedeutung
a	Anode
d	Diodenanode
f	Heizfaden
f_M	Heizfaden-Mitte
g	Steuergitter (Triode)
g_1	Steuergitter (Mehrgitterröhren)
g_2	Schirmgitter
g_3	Bremsgitter
g_l	Gitter des Leuchtsystems
i. V.	innere Verbindungen
k	Katode
l	Leuchtschirm
s	Abschirmung im Innern der Röhre
St	Steuerstege
H	Heptode
P	Pentode
T	Triode
I	erstes System
II	zweites System

INHALTSVERZEICHNIS

Preis 1,90 DM